

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Bakalářská práce

2019

Diana Sikorová

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Geotechnické pexeso
Geotechnical Memory Game

Student:

Diana Sikorová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání bakalářské práce

Student: **Diana Sikorová**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R017 Geotechnika
Téma: Geotechnické pexeso
Geotechnical Memory Game
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rešerše a pořízení vlastní fotodokumentace zajímavých geotechnických lokalit a staveb v rámci České republiky, pořízení fotodokumentace geotechnických strojů a zařízení a dalších geotechnických zajímavostí
2. Tvorba hry pexeso s vybranými geotechnickými lokalitami, stavbami, stroji, zařízeními a dalšími geotechnickými zajímavostmi
3. Tvorba informační brožury s krátkým výstižným popisem zobrazených geotechnických zajímavostí

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Barták, J., Šourek, P., Karlíček, J. *Podzemní stavitelství v České republice*. Praha: Satra, 2007. ISBN 978-80-239-8568-9.
2. Landek Park [online]. [cit. 8.10.2018]. Dostupné z: <http://www.landekpark.cz/expozice1>
3. Národní památkový ústav [online]. [cit. 8.10.2018]. Dostupné z: <https://www.dul-michal.cz/cs>
4. Informační centrum Kouty nad Desnou [online]. [cit. 8.10.2018]. Dostupné z: <https://www.dlouhe-strane.cz/>
5. Česká tunelářská asociace ITA-AITES.[online].[cit. 8.10.2018]. Dostupné z: https://www.ita-aites.cz/cz/podzemni_stavby/.
6. další propagační materiály

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018
Datum odevzdání: 06.05.2019

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121 / 2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111 / 1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, cenné rady a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Anotace

V bakalářské práci popisuji vybrané stavby, lokality, stroje a zajímavosti spojené s geotechnikou a podzemním stavitelstvím. Každému tématu věnuji přibližně jednu stranu textu, který je doplněn reálnou fotografií. Z vybraných témat je vytvořeno hrací pexeso standardního formátu, které bude sloužit účelům katedry geotechniky a podzemního stavitelství. Vytvořena je i brožura se stručným popisem a přiblížením problematiky jednotlivých zajímavých témat.

Klíčová slova:

Tunel, sesuv, odvodnění, opěrná zeď, bludný balvan, halda Ema, vrtná souprava, geotechnický monitoring, laboratorní zkouška, důlní stroje, podzemní kontejnery, šikmý kostel, lom.

Annotation

In my bachelor thesis I describe selected buildings, locations, machines and interesting facts connected with geotechnics and underground construction. I devote approximately one tent of text to each topic, accompanied by a concise picture. Of the selected topics, a standard-size game memory game is created that will serve the purposes of the Department of Geotechnics and Underground Engineering. There is also a brochure with a brief description and an overview of the issues of particular topics.

Key words:

Tunnel, landslide, drainage, retaining wall, stray boulder, Ema heap, drilling rig, geotechnical monitoring, laboratory test, mining machines, underground containers, inclined church, quarry.

Obsah

1. Úvod	9
2. Vybraná témata.....	10
2.1. Železniční tunel Mosty u Jablunkova	10
2.2. Dálniční tunel Klimkovice	12
2.3. Tunel metra	13
2.4. Sypaná hráz vodního díla Šance	15
2.5. Podzemní garáže	17
2.6. Šikmý kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné	19
2.7. Sběrné podzemní kontejnery na domovní odpad.....	20
2.8. Žermanický lom	22
2.9. Halda Ema	23
2.10. Bludný balvan Poruba	25
2.11. Opěrná zeď	26
2.12. Gabionová zeď	27
2.13. Povrchové odvodnění stavební jámy	29
2.14. Sesuv Gírová (Beskydy)	31
2.15. Primární ostění tunelu	32
2.16. Karl Terzaghi - zakladatel mechaniky zemin	34
2.17. Krasové jeskyně	36
2.18. Svatá Barbora – patronka horníků a tunelářů	37
2.19. Kameninový zásyp svahu zářezu	39
2.20. Výložníková fréza	40
2.21. Úhelný dobývací kombajn	41
2.22. Vrtací souprava	43
2.23. Vrtná souprava na vrtání pilot	44
2.24. Hlava tunelovacího štítu	46
2.25. Totální stanice a terčik pro geodetické měření	47
2.26. Konvergenční pásma	49
2.27. Kuželová zkouška a stanovení meze tekutosti	50

2.28.	Smyková krabicová zkouška	52
2.29.	Proctorův přístroj pro stanovení zhutnitelnosti zemin	53
2.30.	Důlní chodba s ocelovou obloukovou výztuží	55
2.31.	Stabilizace skalní stěny kotvením.....	56
3.	Pexeso a brožura	58
4.	Závěr	59
5.	Použité zdroje informací	60

1. Úvod

Stavební geotechnika je hlavní součástí stavebního inženýrství a vše co stojí na povrchu, nebo leží pod povrchem Země je postaveno díky Geotechnice a obory s ní spojenými. U geotechnických staveb je materiálem samotná hornina či zemina nebo je stavební konstrukce v interakci s horninovým prostředím, projekt je neopakovatelný a okolnosti ovlivňující realizaci jsou subjektivní i objektivní a vždy zahrnují určitou míru nejistoty. Rizika při realizaci geotechnické stavby jsou na rozdíl od pozemních staveb vždy přítomna, obtížně předvídatelná a nelze je eliminovat, ale pouze snížit. Mezi geotechnické stavby patří sypané stavby, kopané nebo hloubené stavby, zasypávané nebo přesypávané stavby, podpovrchové stavby a stavby podzemní. Pod obor Geotechnika spadá mnoho odvětví, které jsou navzájem nějak propojeny. S geotechnikou je spojena i řada významných osob jako je Karl Terzaghi, který je považován za zakladatele mechaniky hornin a zemin, nebo také Arthur Casagrande.

Cílem mé práce je vytvořit vlastní fotodokumentaci geotechnických staveb, lokalit, strojů, přístrojů a zajímavostí. Z fotodokumentace vytvořit geotechnické pexeso z vybraných zajímavostí souvisejících s oborem Geotechnika a vytvoření brožury, ve které budou všechna vybraná témata stručně popsána. V písemné části práce budou témata podrobněji popsána a bude vysvětlena jejich hlavní podstata. Vybraných témat je 31, přičemž téma kotvení má na vytvořeném pexesu dvě kartičky. Mezi vybranými tématy jsou například dálniční a železniční tunely, rozsáhlý sesuv v Beskydech, stroje spojené s ražením a hloubením podzemních děl, laboratorní zkoušky prováděné v geotechnice, přístroje pro geotechnický monitoring, šikmý kostel na Karvinsku, který se vlivem poddolování naklonil, tunel metra, bludný balvan, ocelová oblouková výztuž vyfocená v dole Landek nebo také krasové jeskyně. Dále zde je odval Ema, podzemní garáže, opěrná a gabionová zeď, nejznámější představitel Geotechniky a zakladatel mechaniky zemin Karl Terzaghi, patronka horníků a tunelářů svatá Barbora, Žermanický lom v blízkosti Žermanické přehrady, vrtací soupravy pro vrtání hlubinných základů, primární ostění tunelu anebo schéma povrchového odvodnění stavební jámy.

2. Vybraná témata

Témata jsou vybrána z různých kategorií tak, aby byla zajištěna rozmanitost, která poukazuje na široký rozsah a uplatnění geotechniky ve stavebnictví. Výběr byl volen v rámci České republiky.

2.1 Železniční tunel Mosty u Jablunkova

Železniční dvoukolejný tunel se nachází v obci Mosty u Jablunkova a prochází tzv. Jablunkovským průsmykem, který má nadmořskou výšku 553 m. n. m. a odděluje Moravskoslezské Beskydy od Beskyd Slezských. Dvoukolejný tunel je vybudován z mladšího tunelu číslo II. a starší tunel číslo I. je zasypan. Tunel byl ražen v obtížných geologických podmínkách tzv. flyšového pásma, které je charakteristické střídáním vrstev jílovců a pískovců. Hladina pozemní vody byla zastižena ve všech archivních vrtech. K pronikání vody do tunelové trouby dochází převážně v oblasti tunelové klenby. Tomu odpovídal geologický průzkum, který bral v úvahu i historické data. Z vnitřního prostoru tunelu se provedlo množství vrtů pod úroveň počvy a za rub opěří v délkách do 3 m.



Obrázek 1 – portál železničního tunelu

Výrub byl členěný, horizontální dělení čelby na kalotu, jádro a počvu (protiklenbu). Ražba a primární ostění nového dvoukolejného tunelu byly prováděny ve třech fázích. V první se provedlo zajištění boku stávající trati stříkaným betonem a kotvami, doplněné o injektáž za ostěním s využitím kotev. Ve druhé fázi byla

vyražena kalota tunelu, která byla primárně zajištěná stříkaným betonem s výztuží tvořenou příhradovými oblouky, dvěma vrstvami výztužných sítí a svorníky pro zajištění stability horninového prostředí ostění. Ve třetí fázi byla postupně bourána převážná část starého tunelu se současnou ražbou zbytku profilu (jádro a počva). Profil byl zajištěn primárním ostěním ze stříkaného betonu s výztuží tvořenou příhradovými oblouky, dvěma vrstvami výztužných sítí a svorníků. Tunel byl ražen novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Ta umožňuje řešení složitých profilů a geologických podmínek. Jejím principem je využití nosné funkce horninového masivu a stálé sledování (monitoring) navrženého konstrukčního řešení s možností aplikace observačního přístupu realizace staveb, který umožňuje optimalizaci projektu v průběhu realizace na základě monitorovaných dat. Nová rakouská metoda je velmi adaptabilní. To znamená, že podle potřeby se čelba různě člení, volí se různé kombinace svorníkové a obloukové ocelové výstroje se stříkaným betonem tak, aby se metoda mohla upravovat pro různé podmínky, které se v předpokládané trase tunelu vyskytnou.

Rozpojování hornin bylo uvažováno, vzhledem k zastiženým inženýrsko – geologickým poměrům, mechanizovaně pomocí skalních bagrů za použití sbíjecích kladiv k rozbití klenby starého tunelu a vlastní čelby bez použití trhacích prací nebo s využitím střelných prací. Kvůli vysokým deformacím se musela ražba i na nějakou dobu zastavit a po změně technologie ražby tunelu byla znovu obnovena. Stavbu postihla v průběhu realizace mimořádná událost a to zával tunelu v délce 120 m. Ten ovlivnil postup stavby tunelu a posunul dlouhodobě termín ukončení stavby tunelu i dokončení celé stavby trati. Odstranění závalu bylo provedeno v šesti stavebních operacích, jenž představovaly ražby samostatných dílčích výrubů. Poté se provádělo sekundární betonování ostění a průběžné kontrolování deformací objektu. Dále v tunelu probíhala montáž technologických zařízení tunelu, výstroj trakčního vedení a dokončení šterkového lože pro pokládku obou kolejí. 17. 5. 2013 proběhla prohlídka tunelu veřejností a dne 2. 7. 2013 byl zahájen provoz po obou kolejích. [1]

2.2 Silniční tunel Klimkovice

Dálniční tunel Klimkovice je jediný tunel na dálnici D1 a nachází se na úseku Bílovec – Ostrava. Tento úsek měl být dříve součástí dálnice D47. Tunel byl postaven z důvodu minimalizace vlivu stavby dálnice D1 a ochrany životního prostředí v okolí obce Klimkovice a přilehlých lázní.

Tunel má dva tubusy. První tubus A v úseku Brno – Ostrava měří 1,076 km a druhý tubus B v úseku Ostrava – Brno je dlouhý 1,088 km. Ražba probíhala dvěma způsoby a to hloubením a ražením. U tubusu A bylo raženo 864,8 m, hloubeno 165,8 m na straně brněnské a na straně ostravské hloubeno 46,2 m. U tubusu B byly hodnoty podobné. Raženo bylo 875,3 m, hloubeno 166,4 m na brněnské straně a 46,4 m na straně ostravské. Šířka tunelu je 12,2 m a v místě nouzového zálivu je šířka 14,5 m. Průjezdní šířka je 4,8 m. Plocha výrubu činí 120,1 m² a celkově bylo vyraženo 367,2 tisíc m³. Každý tubus má dva jízdní pruhy. Tubusy jsou spojeny pěti propojovacími chodbami, které slouží k nouzové evakuaci lidí při požáru nebo nehodě. Tubusy obsahují i šest SOS výklenků, kde jsou umístěny sebezáchranné prostředky, protipožární hydranty a spojení s integrovaným záchranným systémem. Celkový dozor nad provozem v tunelu zajišťuje dispečink.



Obrázek 2 – portály dálničního tunelu

Horninové prostředí je tvořeno jílovci a pískovci. Konfigurace terénu a vedení trasy předurčují tunely jako nízkonadložní. Maximální mocnost nadloží nad tunely je přibližně 31 m. Ražba tunelů probíhala s uplatněním observační metody na principu NRTM. Pro tunelový výrub bylo použito horizontální členění. Výstavba začala koncem roku 2004 přípravnými pracemi na stavební jámě. Poté následovalo

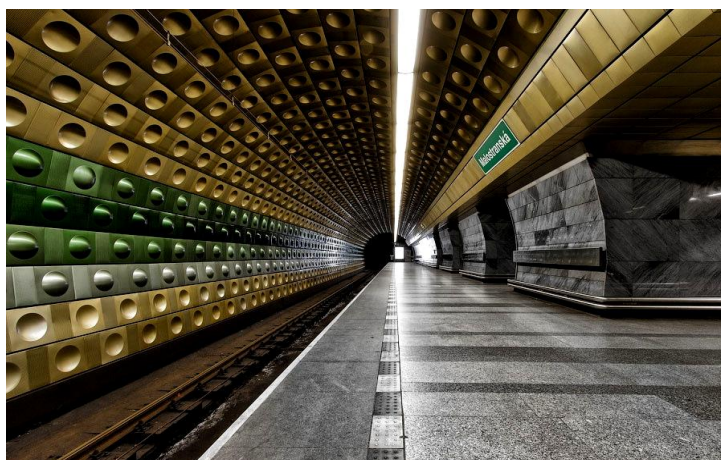
zahájení ražby z ostravské strany a po pár měsících ze strany brněnské. Při členění průřezu na kalotu, jádro a protiklenbu byl celý výrubní průřez již zmíněných 120,1m². V ražených úsecích jsou konstrukce ostění tunelů dvouplášťové, s uzavřenou mezilehlou hydroizolací. Primární ostění je realizováno ze stříkaného betonu, vyztuženého sítěmi a svařovanými příhradovými oblouky z betonářské oceli. Pro zvýšení stability výrubu v daném geologickém prostředí je primární ostění doplněno horninovými svorníky. Sekundární ostění je železobetonové a s masivní protiklenbou. Mezilehlá hydroizolace je tlaková, z plastové folie, bez rubových drenáží. V hloubených úsecích jsou železobetonové konstrukce tunelových kleneb rozděleny na tunelové pásy o dilatačních délkách 12 m. Klenby jsou v patách uloženy na podélné základové pásy s kloubovým spojením v místě dilatačních spár kleneb. Hydroizolace hloubených konstrukcí je deštníková z plastové svařované folie, s ochrannou vrstvou a s rubovými patními drenážemi. Pro stavbu tunelu byl použit protipožární beton. Tento beton je specifický tím, že obsahuje polypropylenová vlákna, která se v případě požáru vlivem vysoké teploty rozpustí a vypaří. V betonu vzniknou dutiny, do kterých se může zahřátý beton rozpínat. Slavnostní zahájení a uvedení do provozu celého úseku proběhlo 6. května 2008. [3][4]

2.3 Tunel metra

Název Metro je zkrácený tvar názvu Metropolitan Railway, tedy metropolitní železnice. Pražské metro tvoří v současnosti základ sítě pražské městské hromadné dopravy. Jde o těžké metro sovětského typu. Metro bylo konstruováno také jako kryt civilního obyvatelstva pro případný vojenský útok na Prahu. Český zákon o drahách od roku 1994 řadí metro do kategorie speciálních železničních drah. Pražské metro tvoří páteří síť městské hromadné dopravy v Praze. Je to nejrychlejší způsob, jak cestovat po městě. Praha je na sedmém místě ve vytíženosti metra v Evropě. Tunely i stanice se staly součástí ochranného systému metra. Rozchod kolejí je 1 435 mm. Přívod proudu je zajištěn napájecí kolejnicí se spodním odběrem. Napájecí kolejnice je elektricky izolovaná kolejnice umístěná v malé výšce podél koleje. Je připevněna k pražcům pomocí izolantů a stojin. Slouží k napájení vozů elektrické trakce. Pražské metro používá spodní odběr, který se vyznačuje tím, že je svrhu přívodní

kolejnice chráněna izolačním krytem. Je zde použité napětí maximálně 750V. Většinou celá nebo velká část trasy metra je vedena podzemními tunely.

Pražské metro se skládá ze tří tras. Trasy jsou označeny písmeny A, B a C. Celkový počet stanic je 61 a délka sítě je 65,2 km. Většina úseků podzemní dráhy je vedena pod povrchem, pouze některé úseky na okraji sítě jsou povrchové či nadzemní. Jednotlivé linky metra se nekříží přímo, ale v různých úrovních. Vlaky mohou mezi nimi přejíždět pomocí manipulačních spojek. Pod centrem Prahy jsou jednosměrné tunely podzemní dráhy většinou ražené a stanice trojlodní, založené hluboko pod zemí v hloubce až 40 m. S povrchem je spojují šikmo vyražené eskalátorové tunely. Naopak v úsecích na sídlištích a na okrajích města jsou tratě metra umístěny mělčeji pod zemí a hloubené. Tomu odpovídá i ráz stanic, které jsou založené ve stavební jámě o hloubce 5 - 20 m. Nová sídliště byla již stavěna s dostatečným prostorem pro případné budování staveb velkých rozměrů. Ze čtyř úseků vedoucích pod Vltavou jsou tři ražené a jeden hloubený. Právě tyto části celého systému bylo nejnáročnější vybudovat. Nezbytností se stalo zpevňování nadloží nebo využití nejmodernějších dosud neotestovaných technologií, jako jsou například u hloubeného podchodu linky C pod řekou Vltavou u Tróji. Úplně první trasa metra se začala stavět v roce 1966, stavební úsek byl označen jako IC a spojoval části Florenc a Kačerov. Většina tunelů se stavěla ražením, pouze krátké úseky Hlavní nádraží – Muzeum, okolo Nuselského mostu a u stanice Mládežnická byly hloubené z otevřené stavební jámy. Ražení bylo prováděno prstencovou metodou s erektorem nebo razicími štíty sovětské výroby.



Obrázek 3 – stanice Malostranská na trase A

Na tomto úseku se nachází i dva mosty. První je Nuselský most a druhý opomíjený je most přes trať a vlečku v Krči u depa Kačerov. Tento úsek byl otevřen v roce 1974. Poté následovaly ve výstavbě úseky trasy A v roce 1972. Pokračovalo se s rozšiřováním úseku trasy C a trasa B se začala realizovat v roce 1979.

Nejhlubší založení na trase A je ve stanici Náměstí Míru a hloubka je zde 52 m. Tato stanice je vybudována jako trojlodní se zkráceným středním tunelem, sedmi páry prostupů na nástupiště s montovaným ostěním z železobetonových tybinků, které zaručilo možnost zúžit pilíře mezi prostupy na 1,5 m. Všechny tři staniční tunely byly raženy rovnou na plný profil. Na trase B je nejhlouběji situována stanice Můstek s hloubkou 40,3 m. Stanice je trojlodní s převýšenou střední lodí s 18 páry prostupů na nástupiště. Ostění je montované z litinových tybinků a raženými přestupními chodbami, až na trasu A. Na trase C je nejhlouběji položena stanice Kobylisy, která je v hloubce 31,2 m. Je to ražená jednolodní konstrukce provedená novou rakouskou tunelovací metodou s dvouplášťovým ostěním a mezilehlou izolací. Praha má v plánech již zařazené rozšiřování tras i výstavbu nové trasy D, která by měla být vystavěna ve dvou úsecích. První v úseku Pankrác – Písnice a druhý v úseku Pankrác – Náměstí Míru. Zvažuje se také prodloužení stávajících tras A, B i C. [5] [2]

2.4 Sypaná hráz vodního díla Šance

Údolní přehradní nádrž Šance leží na horním toku řeky Ostravice a byla vybudovaná v letech 1964 – 1969. Název byl odvozen z vrchu Šance na levém břehu v blízkosti hráze. Výstavba si vyžádala zatopení centrální části obce Staré Hamry, zrušení železniční tratě z Frýdlantu nad Ostravici do obce Bílá a silnice do obce Bílá musela být přemístěna na estakádu, což je mostní konstrukce vystavěná na sloupech, ve svahu nad levým břehem. Hlavním účelem výstavby přehrady bylo shromažďování zásob pro výrobu pitné vody a jedna z důležitých možností využití je regulace průtoku a ochrana před povodněmi. Nádrž podléhá hygienické ochraně a koupání i jiné rekreační aktivity jsou zde zakázány.

Sypaná hráz se skládá z těsnícího jílového jádra. Jádro je s podložím spojeno betonovými zavazujícími křídly, inspekční štolou a injekční clonou. Těsnící bariéry

jsou základní částí konstrukce sypané hráze. Nachází se v tělese násypu a v podloží tělesa násypu. Bariéry zabráňují nebo také minimalizují proudění vody tělesem hráze, bezprostředním okolím a podložím. Přechodovou vrstvu tvoří pískový filtr, vrstva štěrku a poté větší vrstva sutě prokládané kamenem. Konstrukční tížná část, která je v kontaktu s vodou, je z hutněného lomového pískovce. Pod hrází prochází vrstva údolních štěrků a pod ní se nachází skalní podloží. Návodní svah násypu se liší od vzdušného svahu konstrukcí i úklonem. Základová spára, což je pata tělesa násypu, leží pod úrovní vodního toku na nepropustném nebo skalním podloží. Návodní svah je vystaven trvalému působení vody a je zatěžován hydrostatickým tlakem, který vzniká v kapalinách vlastní tíhou a je přímo úměrný hloubce pod povrchem kapaliny. Na hrází se měří retenční a zásobní hladina vody. Retencí vody se rozumí přirozené nebo umělé dočasné zadržení v krajině nebo ve vodní nádrži. Zásobní hladina je nižší než retenční a udává běžnou výšku hladiny vody.



Obrázek 4 – sypaná přehradní hráz

Kamenitá sypaná hráz se šikmým těsnícím jádrem má celkový objem 1,34 milionů m^3 . Podloží hráze je utěsněno jednořadou injekční clonou do hloubky 70 m. Plocha povodí činí 146 km^2 , roční srážkový úhrn je 1204 mm a průměrný roční průtok činí $3,23 \text{ m}^3/\text{s}$. Délka hráze v koruně je 342 m, maximální výška hráze je 65 m a šířka v patě 215 m. Celkový objem nádrže je $61,8 \text{ milionů m}^3$ a stálý objem $2,5 \text{ milionů m}^3$. Délka zátopy má 7,6 km a šířka 0,75 km. Zatopení plocha má 337 ha a zaručená odtok je $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Energetický výkon zajišťují dvě turbíny. Francisova turbína F25 o výkonu 840kW a hltavosti $2,14 \text{ m}^3/\text{s}$. Je to přetlaková turbína, jejíž pracovní kapalina během své cesty strojem mění tlak a přitom odevzdává svou energii. Oběžné kolo turbíny se

nachází mezi vysokotlakým přívodem a nízkotlakou sávkou většinou v patě přehrady. Má dvě varianty podle uložení hřídele a to vertikální a horizontální. Francisovy turbíny v dnešní době patří mezi nejpoužívanější a to především pro produkci elektrické energie. Druhá turbína se nazývá Bánkiho turbína. Je to jednoduchá rovnotlaká vodní turbína. Používá se v malých vodních elektrárnách. Oběžné kolo je tvořeno dvěma kruhovými deskami, mezi nimiž jsou jednoduché lopatky. Kolo je uloženo ve skříni, z níž z jedné strany přitéká usměrněný proud vody. Voda přes lopatky vtéká dovnitř kola a odtud opět přes lopatky vytéká na druhé straně skříně ven. Lopatky oběžného kola jsou obtékány ve dvou směrech. [6] [7] [8]

2.5 Podzemní garáže

Obrovský rozmach automobilismu způsobuje akutní nedostatek parkovacích míst v centrech měst, a proto se budují parkovací garáže nadzemní nebo podzemní. Podle uživatelů se dělí na veřejné a soukromé. Podzemní garáže jsou po stavební, technické i provozní stránce velmi složité objekty. Vyžadují spolehlivou hydroizolaci, umělé větrání, osvětlení, protipožární ochranu a systém kontroly a orientace dopravy.



Obrázek 5 – podzemní garáže

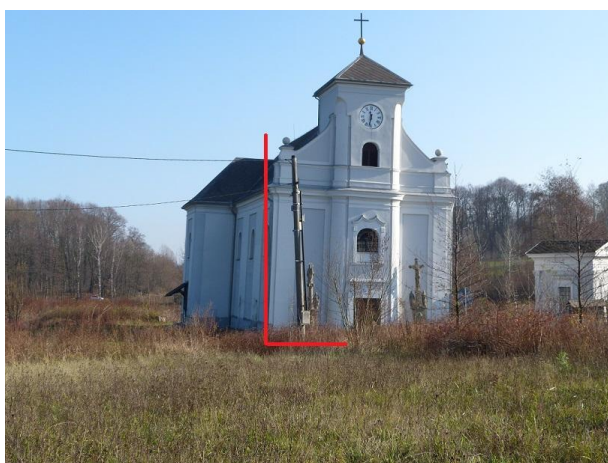
Rozlišujeme čtyři základní způsoby parkování a podle toho musí být zvolený systém parkování v garážích. Půdorys závisí na tvaru plochy pro stavbu, tvaru prostoru staveniště, způsobu parkování a zvolené technologii výstavby. Podle druhů

vozidel využívající podzemní garáže se dělí na vozidla skupiny 1, vozidla skupiny 2 a vozidla skupiny 3. V centrech měst se smějí budovat pouze garáže pro skupinu 1. Skupiny 2 a 3 se musí situovat mimo obytné části měst. Tvar mohou mít obdélníkový, kruhový nebo mohou mít nepravidelný půdorys. Pokud se nachází přímo pod nadzemním objektem, jsou dispozice rozměrů garáží dány rozměry stavby a konstrukčním systémem nadzemní části objektu. Podlahy musí být trvanlivé, odolné proti působení minerálních olejů, pohonných hmot a chloridů se stupněm hořlavosti. Na betonové podlaze se použije provzdušněný beton. Sloupy a stěny v garážích by měly být chráněny proti poškození. Všechny nosné prvky musejí vykazovat dostatečnou požární odolnost. Podzemní garáže jsou stavby plošného nebo halového kavernového charakteru, proto se pro jejich realizaci hodí nejvíce stavební metody, jako jsou výstavba ve svahovaných nebo pažených stavebních jámách, výstavba s použitím podzemních stěn, spouštěním kesonu nebo studní anebo výstavba ražením. Metoda výstavby v pažené jámě je vhodná pro garáže, které mají jen několik podlaží. Jámy jsou zajištěny kotveným záporovým pažením, zajištění štětovnicemi nebo rozepřením. Dále zajištění stavební jámy systémem kotvených mikropilotových stěn nebo velkopřůměrových vrtaných pilot.

Poslední možnou metodou je použití pažících podzemních stěn kotvených nebo rozepřených. Všechny tyto způsoby lze použít pro obdélníkový, oblý nebo nepravidelný půdorys. Výstavba metodou podzemních stěn je vhodná do lokalit, kde je vysoká hladina podzemní vody. Používají se monolitické, prefabrikované nebo pilotové podzemní stěny. Pro výstavbu podzemních parkovacích garáží se velmi často využívají prostory nad hloubenými traťovými a silničními tunely metra. Metoda výstavby spouštěním studní nebo kesonů se používá u vícepodlažních garáží ve velmi obtížných hydrogeologických podmínkách, jako jsou propustné zeminy pod hladinou podzemní vody. Výstavba ražením se uplatňuje méně, protože vyžaduje dobré geologické podmínky, jako jsou celistvé skalní horniny. [2]

2.6 Šikmý kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné

Kostel se nachází v Moravskoslezském kraji ve městě Karviná – Doly. Tato oblast se v minulosti nazývala Karvinná a byla plnohodnotným městem. Kostel sv. Petra z Alkantary byl postaven v roce 1736 v barokním stylu na místě bývalého dřevěného kostela. Původní kostel byl zasvěcen svatému Martinu, ale v době výstavby byl Martinu zasvěceno již mnoho kostelů a proto byl kostel v Karviné zasvěcen svatému Petru z Alkantary. Kostelu se často říká „Česká Pisa“ a je zařazen v knize českých kuriozit a rekordů. Patří zde díky svému uklonění.



Obrázek 6 – šikmost zřetelná pomocí vytvořených kolmic

Na území dnešní Karviné byly postaveno více než 20 hornických kolonií, ale většina z nich v dnešní době již neexistuje. Po zahájení těžby černého uhlí v roce 1854 se vytěžilo pod kostelem 27 slojí o celkové mocnosti 47 m. Kostel tímto ztrácel stabilitu a začal se naklánět. Kostel stál původně na kopci a říká se, že děti sáňkovaly od kostela k místnímu hřbitovu, což je v dnešní době velmi těžko představitelné, protože dnes je hřbitov výše než kostel. Vlivem poddolování klesla půda v průběhu pár desetiletí o neuvěřitelných 37 m a v důsledku toho se kostel naklonil o $6,8^\circ$, což je přibližně odklon o 0,8 m. V 90. letech minulého století hrozilo, že se kostel zřítí, a proto byl určen k demolici. Díky svým mocným a kvalitním základům, vhodně vyřešené statické a celkové tuhosti budovy se od demolice ustoupilo. V letech 1994 – 1995 se rozhodlo, že kostel bude zrekonstruován a sanován, aby zůstal jako upomínka a memento bývalé doby. Poklesy půdy v těchto letech již nebyly tak značné a proto se mohlo začít rekonstruovat. Bylo nutné odstranit zeminu do hloubky 2 m a vytvořit nové

železobetonové základy. V dolní části kostela jsou mohutné věnce, které svírají kostel v podzákladí. Na ty se navázaly nové věnce v úrovni terénu a stažení kostela v několika místech předepínanými táhly.

Definitivní opravy se začaly provádět v roce 2012. Vytěžený prostor pod kostelem byl uzavřen a následný pokles terénu již není možný. V plánu bylo opravit fasádu, interiér, střešní žlaby a svody. Byla potřeba provést drenážní systémy v objektu kostela. Při odstranění podkladního betonu se přišlo na historické kamenné zdivo a bylo nutné povolat archeology, kteří odkryli základové zdivo kaple z 15. století a čtyři hroby. Byla objevena také původní dlažba z doby, kdy byl kostel vystavěn. Před kostelem stojí socha Pany Marie a kamenný kříž. Sochy umístěné před kostelem jsou svislé a podlaha kostela vodorovná, šikmý je nerezový kříž a samotný kostel. Vedle kostela se nachází dva sakrální objekty. Součástí kostela je i původní kamenná křtitelnice a v kostele se nachází obraz patrona kostela svatého Petra z Alkantary, který je patronem nočních hlídačů.

Kostel je přístupný veřejnosti po předchozí domluvě a každou neděli je zde pořádána církevní mše. [9][10][11]

2.7 Sběrné podzemní kontejnery na domovní odpad

Podzemní sběrná místa, která umožňují moderní a hospodářské uložení tříděného odpadu v centrech měst, obcí, okolo historických budov, v parcích, a obchodních centrech. Celkový zásobní objem nádoby je tedy uložen pod zemí a na povrchu je pouze vhazovací zařízení. Jejich rozměr, konstrukce a materiál byly vyvinuty tak, aby splňovaly nejvyšší standardy urbanistického plánování a terénní úpravy. Budují se pro svou funkčnost, jednoduchost obsluhy, dlouhou životnost bez nutnosti oprav, čistější prostředí kolem sběrných míst a rychlé vyprázdnění kontejnerů.

Jsou to ocelové konstrukce zapuštěné do země a na kontaktu s horninovým prostředím jsou chráněny betonovým silem. Skládají se nejčastěji ze čtvercové základny o rozměrech 1600 mm. Základna je pochozí a povrch tvoří dlažba nebo galvanizovaná ocel. Další částí je samotný vyjímatelný kontejner, který je pro velkou

odolnost a životnost vytvořen žárově zinkovým plechem. Objem kontejnerů je 3 m³, 4 m³ a 5 m³. Kontejnery o obsahu 3 m³ se používají na sklo, plast, papír, bio odpad a odpad z domácností. Kontejnery o větším obsahu 4 m³ a 5 m³ jsou určeny na všechny předešlé odpady kromě skla. Základna zůstává stejná, zvětšuje se pouze výška vyjímatelné části. Nejtěžší částí je betonové silo vytvořené jako robustní odlitek z vodotěsného betonu o hmotnosti 5 tun. Vodotěsný beton je určen pro konstrukce, které jsou vystaveny delší dobu vodnímu tlaku, a jeho výhodou je, že odolávají vodě, aniž by potřebovaly speciální údržbu. Toto silo chrání kontejner před tlakem okolní zeminy a také tlakem podzemní vody. Viditelnou nadzemní částí kontejneru je sloupek. Sloupek je ošetřen povrchově antigrafitovou vrstvou pro snadnější odstranění nálepek a nástřiků. Sloupky se dělí podle velikosti vhazovací částí na menší označeny jako UNO a větší označeny jako DUO. Proti pádu do vnějšího sila je kontejner opatřen buď bezpečnou podlahou, dvojitou klapkou anebo stěnovým hrazením.

Druhou variantou podzemních kontejnerů je částečné zapuštění do země. Sběrná nádoba je umístěná z větší části pod terénem.



Obrázek 7 – viditelná nadzemní část sběrných kontejnerů

Mezi hlavní výhody patří mnohem vyšší kapacita sběrného místa z důvodu přesunutí nádoby pod zem, snížení četnosti vývozů a tím snížení emisí, hluku, snížení zápachu, estetický vzhled, čistota, dálkový monitoring naplnění, omezení vandalizmu a nehořlavost konstrukce. Velkou nevýhodou je vysoká pořizovací cena. Je třeba při jejich realizaci respektovat interakci s horninovým prostředím zejména z hlediska průzkumu horninového prostředí (eliminace možného střetu kontejneru

s podzemními sítěmi), hydrogeologických poměrů, vhodného založení kontejneru i dimenzování na velikost působícího zemního tlaku. [12][13]

2.8 Žermanický lom

Lom jako takový je důl, který byl vytvořen k získávání kamene nebo jiných nerostů. Je to rozsáhlá plocha, která negativně ovlivňuje krajinný ráz. Principem je odtěžení nadložních vrstev sedimentů a odtěžení hlavní suroviny. Lomy můžeme dělit podle druhu dobývaného nerostu, ostatních užitkových nerostů, stavebního kamene a úrovně založení. Z pravidla jsou lomy povrchové, ale mohou být i podzemní nebo stěnové. Mezi nejčastější těžené materiály patří žula, vápenec, břidlice a mramor. V průběhu těžby i po jejím zakončení je nutno zajistit stabilitu stěn lomu vhodným sklonem lomových stěn jednotlivých etází i přijatými stabilizačními opatřeními. Po ukončení těžby se lomy většinou rekultivují. Rekultivace lomů patří mezi zákonem stanovené povinnosti a je nezbytnou součástí těžby nerostných surovin.

Lom je od roku 1992 vyhlášen jako památková rezervace. Nachází se v blízkosti vodní nádrže Žermanice na řece Lučině. Rozloha lomu je 1,95 ha a nadmořská výška mezi 297 – 322 m. n. m. V dnešní době je lom opuštěný a spodní část je zatopená, kde uměle vznikly trvalé mokřady. Lom vznikl při stavbě Žermanické přehrady, z důvodu těžby těšinitu, což je vulkanická hornina tmavé barvy s obsahem bazických prvků.



Obrázek 8 – Žermanický lom

Lom jde rozdělit na dvě části, ve kterých jsou odlišná prostředí. Spodní zatopená část na dně lomu, kde se vyskytují specifické mokřadní a vodní druhy organismů a okolí lomu, které je tvořeno tmavými záhřevnými stěnami orientovanými na jih. Tato lokalita poskytuje životní podmínky pro flóru i faunu xerothermních a mokřadních stanovišť, skalních sutí a hlinitých svahu. Díky vzniku druhotného ekosystému na alkalickém těšinitu a na jeho podloží, je možná existence několika vzácných a ohrožených druhů. Některé druhy jsou zařazeny do červeného seznamu jako kriticky ohrožené nebo blízké vyhynutí. Jedním z těchto druhů je čolek velký. Nachází se zde jedna z nejrozsáhlejších lokalit kriticky ohrožené přesličky různobarvé. V České republice se nachází pouze 9 lokalit toho druhu. Dále zde najdeme ostřici šupinoplodou, suchopýr úzkolistý a na několika místech roste ohrožený a vzácný krušík bahenní. Vodní plocha je prostředí velmi vhodné pro výskyt obojživelníků a vyskytuje se zde 19 druhů vážek, z nichž nejčastější je populace vážky tmavé. Okolí vodní plochy tvoří porost vrby jívy a vrby nachové. Dřeviny jako je dub letní, habr obecný, jasan ztepilý a lípa srdčitá, pomáhají zachovat specificky teplejší prostředí v lomu a brání v ochlazování lomu. Z důvodu památkové rezervace je vstup do středu lomu přísně zakázán a pohybovat se smí pouze okolo. [14][15]

2.9 Halda Ema

Slezsko – ostravský odval Ema je památkově chráněný odval hlušiny v Ostravsko - Karvinském území a možná také jediný na severní Moravě a ve Slezsku. Bývá nazýván jako Halda Ema anebo jako Halda Ema – Terezie z důvodů bývalých dolů Terezie, Ema a koksovny Trojice. Jedná se o kuželovitý komplex odvalů, které se nachází na pravém břehu řeky Ostravice, v závěru Trojického údolí mezi bývalými doly Terezie, Trojice a Michálka. Objem odvalu je okolo 4 milionů m³, rozkládá se na ploše 32 ha, konečná výška po ukončení navážky byla 327 m. n. m. a v současnosti je o 12 m nižší. Odval byl využíván mezi roky 1920 – 1995 a po ukončení bylo území z části rekultivováno. Vstup na odval je na vlastní nebezpečí.

Halda Ema se nachází v lokalitě hornicky dlouhodobě využívané s existencí řady důlních děl v jejím podloží. Termické procesy probíhají v odvalu desítky let s různou intenzitou. Opakované pokusy o sanaci těchto procesů v prostoru

centrálního kužele nebyly účinné. Zasažená část má plochu přes 2 tisíce m² a nacházejí se zde otevřené průduchy, kde vystupují horké plynové zplodiny hoření, jejichž koncentrace je proměnlivá v závislosti na atmosférických podmínkách. V dnešní době je na odvalu provedena rekultivace obvodového prstence, zploštění svahů a zalesnění do překryvu hlínami.



Obrázek 9 – vystupující horké plynové zplodiny

První provozní pokus sanace existujících termických procesů spojený s prevencí vzniku dalších ložisek proběhl v 60. letech minulého století. Spočíval ve společném sypání haldoviny a elektrárenského popílku do vytvořené technologické linky. V areálu dolu Petr Bezruč se realizovala metoda izolačních pásů na svah odvalu. Technologický postup vyplýval z pravidelného navážení elektrárenského popílku ve vrstvách, následně byl překrýván vrstvou úpravářenských výpěrků s kontrolovaným obsahem spalitelných látek. Tímto bylo vytvořeno izolační rozhraní mezi starým odvalem a odvalem Ema.

Haldy vznikaly z důvodu těžby uhlí a následného ukládání neúhelné horniny - hlušiny. Hlušiny byly prvně ukládány u ústí štol a mělkých jam. Typické kuželovité haldy souvisejí s hlubinnou těžbou provozovanou na Ostravsku od poloviny 19. století a jejich tvar souvisí s co nejmenší plochou. Podmínky pro samovznícení vytvářely možnosti provzdušnění horniny a velké podíly uhlí v hlušině. Staré haldy dodnes zabírají plochu 5,5 km² a množství hlušiny je 226 miliónů tun.

Na část odvalů se vrací příroda přirozeně, ale na některých se provádí řízená rekultivace. Dnes jsou již skoro všechny odvaly na Ostravsku zcela zapojeny do okolní krajiny. [16]

2.10 Bludný balvan Poruba

Druhý největší bludný balvan v České Republice, ale svou délkou v ose 3,7 m je nejdelší. Balvan se nachází v městě Ostrava, část Poruba a ulice Vřesínská. Jeho rozměry jsou 3,7 x 1,7 x 1,2 m, objem okolo 4 m³ a hmotnost 11 tun.



Obrázek 10 – bludný balvan

Bludné balvany jsou eratické balvany různě velké valouny nebo bloky z horniny, které se na našem území nevyskytují a byly k nám dopraveny ledovci při kontinuálním zalednění. Zhruba před 230 000 lety, v předposlední velké době ledové, se dostal kontinuální ledovec až na naše území. Zasáhl severní pohraničí a přes roviny pronikl do Slezska a na část Moravy. Pohyb ledovce zarovnal krajinu, vytvářel morény i údolí a přenášel množství materiálu. V nánosech písku a šterku se nacházely velké balvany ze severské horniny dopravené ledovcem ze Skandinávie a oblastí Baltského moře. Porubský balvan je tvořen horninou hrubozrnné porfyrické žuly, která se vyznačuje výskytem větších krystalů uvnitř jemnozrnnější základní hmoty. Na povrchu jsou viditelné drobné černé krystaly tmavých minerálů. V základní hrubě zrnité hmotě se nachází bazické oligoklasy. Jsou to šedé, nažloutlé drcené křemeny a černé biotity v protáhlých shlucích. Jako zástupci minerálů jsou zde magnetit a apatit. Usměrněné horniny mají orientaci jedním převládajícím směrem. V roce 1928 byl Porubský balvan vyzdvižen z koryta potoka v Porubě. Byl dopraven na Porubskou náves, kde měl být aranžován jako pomník k desetiletému výročí republiky. Balvan se měl stát symbolem pevnosti základů a trvání nového státu. V roce 1968 byl přemístěn z místa před národním porubským výborem na nově určené místo a zapsán mezi přírodní památky. V dnešní době je balvan svou

barvou podoben obyčejným kamenům z lomu a to díky silnému znečišťování z dopravních komunikací a znečištěnému ovzduší z průmyslu.

Bludné balvany můžeme nalézt všude tam, kde během poslední doby ledové dosáhl kontinuální ledovec. Mnoho bludných balvanů se nachází v severněji ležících zemích jako je Švédsko, Nizozemí nebo Dánsko. Největší bludný balvan světa se nachází v severním Švédsku. Balvan je vysoký 15 m a má 35 m v průměru. V posledních letech se spousta balvanů dostala na povrch díky různým stavebním pracím. Nejmladší takto nalezený balvan se nazývá Starý Švéd, nachází se na břehu řeky Labe v Hamburku a byl vybagrován při prohlubování koryta řeky v roce 1999. [17] [18]

2.11 Opěrná zeď

Opěrná konstrukce obecně je stabilizační konstrukce vytvořená účelně. Její funkcí je podepření zemních násypů nebo zajištění svahu proti sesuvu. Největší využití má v dopravních, vodních i pozemních stavbách. Hlavním důvodem častého využití opěrných konstrukcí je snížení objemu zemních prací a snížení nákladů na celou stavbu. Opěrné konstrukce dělíme podle druhu podepření svahu na zdi opěrné, zdi zárubní a zdi obkladní. Zárubní konstrukce podepírá a stabilizuje zářez. Obkladní zeď utěsňuje odkryté horniny proti působení dešťové vody nebo podchycuje stávající opěrné konstrukce. U opěrných konstrukcí se posuzuje únosnost v základové spáře, úhel pootočení, spolehlivost proti překlopení, posunutí v základové spáře a stabilita svahu. Všechny opěrné zdi musí mít za rubem odvodňovací systém.



Obrázek 11 – opěrná zeď

Opěrná zeď je konstrukce, do které se násyp opírá. Tyto zdi se dělí podle druhu na gravitační, úhlové a prefabrikované. Gravitační opěrná zeď působí proti zatížení od přetížení a od zemních tlaků pouze vlastní tíhou. Stabilita je zajištěna mohutností konstrukce. Dříve se používal lomový kámen, ale dnes jsou zdi z betonu nebo železobetonu. Kamenné zdi se vytvářely jako suché anebo se spojovaly pomocí hydraulické malty. Kamenné zdi zděné na hydraulickou maltu se používají pro křídla mostů, čela propustků nebo kolem historických staveb. Gravitační zdi se budují v lichoběžníkovém tvaru a z prostého betonu. Se zdmi úhlovými a gabionovými patří mezi nejčastěji používané konstrukce. Koruna konstrukce by měla vždy stoupat nad terén, za stěnou a u líce stěny je nutné udělat drenáž pomocí porézního násypu. Násyp má v horní části zátku z geotextilie proti znečištění a ve spod je podélná trubka, kterou se voda odvádí příčnou drenáží skrz konstrukci ven.

Úhlová zeď se provádí pouze jako železobetonová kvůli nízké pevnosti betonu v tahu. Stabilizovány jsou tíhou zeminy, která je dosypávána mezi zeď a svah. Variantou o menší hmotnosti je vybudování vylehčené opěrné zdi s použitím žeber. S rozvojem prefabrikovaných betonových nebo železobetonových prvků vznikl další typ opěrné zdi a to zeď prefabrikovaná.

Mezi nejčastější příčiny vzniku poruch nebo totálního selhání opěrné konstrukce patří nedostatečná hloubka založení, změna hladiny podzemní vody, neodvodnění konstrukce, dodatečné přetížení terénu od okolních staveb a nedostatečné dimenzování na zemní tlak. [19][20]

2.12 Gabionová zeď

Název byl odvozen z italského slova gabio, což v překladu znamená klec nebo koš. Historický předchůdce gabionových zdi sahá až do starověkého Egypta. Leonardo da Vinci použil typ gabionů pro založení hradu San Marco v Miláně. Dnešní typ ocelových gabionů se začal používat až na konci 19. století v Itálii.

Dnes jsou gabionové stěny nejpoužívanějším typem opěrných konstrukcí díky svým dobrým vlastnostem. Mají velký odpor proti tahu i tlaku a dobře reagují na změny působení sil. Dobře se přizpůsobují tvaru konstrukce k povrchu terénu a díky své konstrukci mají výbornou propustnost. Používají se recyklovatelné a přírodní materiály. Nekorodují, a proto se dají umístit pod hladinu vody. Tento typ konstrukcí je vhodný i do chráněných krajinných oblastí a národních parků.



Obrázek 12 – gabionová zeď

Gabiony se skládají ze dvou základních částí a to z kovové sítě nebo pletiva a výplňového materiálu, kterým je převážně kámen. Dráty pro výrobu klecí se používají pozinkované nebo potažené tenkou vrstvou PVC (polyvinylchlorid). Koše se montují s předem svařovaných sítí, které se v každé své hraně spojují speciálními spirálami a ty zajišťují stabilitu koše. Jako výplňový materiál se používá hornina, která odolá zvětrávání. Přední strana, která je pohledová, je vyskládána z hladkého lomového kamene. Ve zbytku koše je uloženo méně kvalitní kamenivo s jemnější frakcí. Jako plnivo můžeme použít betonovou drť, tvrdé dřevo, recyklovatelný materiál anebo keramiku. Jestliže plníme koše stejným druhem zeminy, musíme ji po určitých vrstvách hutnit a umístit na stěny geotextílii.

Gabionová stěna vzniká střídavým ukládáním jednotlivých košů tak, aby každá styčná spára byla převázaná. Koše se spojují ocelovými sponami a ty zvyšují tuhost celé konstrukce. Líce stěn bývají ukloněny maximálně o 10° od vertikály proti svahu. Základová spára je ukloněná a zakládá se většinou do nezámrazné hloubky. Ve směru narůstající výšky stěny se koše postupně odstupňují a to ze strany lící, rubové nebo z obou stran. Pokud je zajištěná dostatečná

propustnost výplňového materiálu, není třeba provádět odvodnění rubové strany. Dešťová voda, která stéká po svahu, se zachytává rigolem a ten je umístěn za korunu stěny.

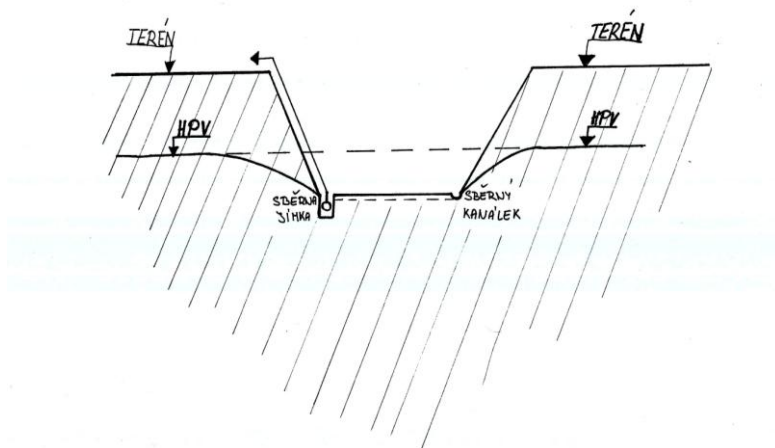
Gabionové zdi se posuzují obdobně jako zdi opěrné. Musíme je posoudit na únosnost v základové spáře, úhel pootočení, spolehlivost proti překlopení, posunutí v základové spáře a stabilitu svahu. U gabionů se navíc musíme zaměřit na posouzení stability jednotlivých stupňů proti překlopení a posunutí, posouzení na roztrhnutí dříku stěny a na únosnost tahové výztuže. Jako výztuž se může použít ocelová síťovina nebo geosyntetika. Životnost gabionů se udává v desítkách let. [21][22]

2.13 Povrchové odvodnění stavební jámy

Stavební jámu musíme připravit při zakládání stavby tak, aby podzemní voda nekomplikovala práce při zakládání nebo nezhoršovala vlastnosti zemin, které se nachází pod základovou spárou. Nejdůležitější parametry pro návrh odvodnění, které musíme znát, jsou charakter odvodňovaných zemin, součinitel filtrace, hladina podzemní vody, propustnost vrstev, směry proudění podzemní vody, možnost odtoku vody ze stavební jámy, tvar stavební jámy a také technologická kritéria. Pro vytvoření kvalitního a suchého pracovního prostředí máme možnost stavební jámu odvodňovat nebo utěsnit prostor jámy, do které prosakuje voda. Odvodňovat můžeme buďto povrchově nebo hloubkově. Hloubkové odvodnění je nákladnější než povrchové a provádí se pomocí gravitačně čerpacích jehel, studní anebo vakuově čerpacích jehel.

Povrchové odvodnění je ekonomicky nejvýhodnější v mělkých stavebních jámách. Zhotovují se při budování zemních konstrukcí v soudržných zeminách, skalním podloží, ve štěrkových nebo hrubozrnných písčitých zeminách. U jemnozrnných zemin by mohlo dojít k odplavení a následnému ztekucení dna jámy. Při odvodnění povrchovém se vyhloubí svahovaná jáma, která vodu propouští svahem a dnem. Prosakující voda se v patě svahu zachytává systémem obvodových rigolů anebo drénů a v prostoru dna jámy plošnými drény. Přivádí se do jedné nebo několika sběrných studní a odtud odčerpává mimo stavební jámu. Sklony svahů se

navrhují podle předepsaných zásad a je potřeba snížení sklonů svahů pod úroveň hladiny podzemní vody. Zvyšuje se tím požadavek na dostatečně velké půdorysné rozměry kolem samotného nového objektu, což bývá značně omezující v zastavěném území. Pokud máme zeminu pod hladinou podzemní vody, stabilita svahu se snižuje na polovinu a sklon svahu bude také o polovinu nižší.



Obrázek 13 – schéma povrchového odvodnění

Hladina podzemní vody musí být alespoň o 0,5 m pod dnem stavební jámy. Odvodňovací systémy musí být navrhovány na vodu povrchovou i na vodu podzemní a po vytvoření příkopů se k ní bude stahovat hladina podzemní vody. Celkové množství vody, které přiteče do stavební jámy, závisí na tom, jestli je jáma nedokonalá anebo dokonalá. U nedokonalé stavební jámy je celkové množství vody rovno součtu přítoku vody ze svahů a přítoku vody ze dna jámy. V případě jámy dokonalé, kde dno sahá až na nepropustné podloží, bude přítok vody ze dna jámy rovno nule a celkové množství vody bude záviset pouze na přítoku vody ze svahů. Další možnosti povrchového odvodnění jsou gravitační odvodnění a vsakovací vrty. Gravitační odvodnění se používá v případě, že je stavení jáma ve svahu. Vsakovací vrty použijeme v případě, že je pod nepropustným dnem stavební jámy zvodněná propustná hornina.

Hladinu podzemní vody lze snižovat také pomocí elektroosmózy, která urychluje stahování vody k čerpacím jehlám, a mezi nimi jsou umístěny trubky. Jehly jsou brány jako katody a trubky jako anody. Účinkem elektrického proudu urychlujeme pohyb vody a snižujeme její hladinu. [23][24]

2.14 Sesuv Gírová (Beskydy)

Svahové pohyby vznikají při porušení stability svahu působením zemské tíže, přičemž těžiště pohybujících se hmot vykonává dráhu po svahu dolů. Svahové pohyby jsou velmi různotvárným geodynamickým procesem probíhajícím v přírodním prostředí. Jejich vznik a vývoj je podmíněn místními přírodními poměry, jako jsou především sklon svahu, geologické poměry, hydrogeologické poměry a klimatické podmínky. Lze zde také zařadit faktor lidské činnosti, jako například změny reliéfu krajiny a změny vodního hospodářství.



Obrázek 14 – viditelná odlučná stěna sesuvu

Základem klasifikace jsou rychlost pohybu a mechanismus pohybu. Podle těchto dvou kritérií se rozlišují čtyři skupiny svahových pohybů a to ploužení, sesouvání, stékání a řícení. Ploužení je pomalý a z geologického hlediska dlouhodobý, nezrychlující se pohyb horniny po svahu. Velikost posunů hmot je vzhledem k prostorovým rozměrům postiženého masívu zanedbatelná. Sesouvání je poměrně rychlý krátkodobý klouzavý pohyb horniny na svahu podél jedné nebo více průběžných smykových ploch. Charakteristickým jevem je, že se část hmoty nasune na původní terén předpolí. Výslednou tohoto pohybu je sesuv. Sesuv je vždy tvořen odlučnou hranou a stěnou, patou neboli čelem sesuvu a samotnou akumulací materiálu. Odlučná hrana a stěna jsou neporušené části svahu při horním okraji sesuvu a lze zde vidět část smykové plochy sesuvu. Pata neboli čelo sesuvu se nachází na spodním okraji sesuvu a je zde akumulována horninová hmota sesuvu. Samotná akumulace materiálu je prostřední část sesuvu, většinou nejdelší, kde se nachází přemístěná horninová hmota. Stékání je rychlý krátkodobý pohyb horniny

ve viskózním stavu. Podstatná část hmot vyteče z odlučného prostoru a přemístí se po povrchu terénu na velkou vzdálenost. Řícení je náhlý krátkodobý pohyb horniny na strmých svazích, kde se postižené hmoty rozvolní a ztrácejí při pohybu krátkodobě kontakt s podložím. Při tomto pohybu se uplatňuje volný pád.

Mezi nejčastější příčiny vzniku sesuvů patří sklon svahu, geologická stavba, voda, přetížení koruny svahu, odlehčení paty svahu a kombinace uvedených faktorů. Mezi stabilizační opatření sesuvů patří sanace. Základní sanační metody pro stabilizaci svahů jsou odvodnění povrchové, podpovrchové a hloubkové, dále úprava geometrie svahu a zajištění svahu silovými prvky jako jsou opěrné zdi, pilotové zdi, mikropiloty a kotvy.

Sesuv na Gírové byl způsobem vydatnými srážkami, které trvaly nepřetržitě několik dní. Oblast Jablunkovského mezihoří je podle historických pramenů k sesuvům náchylná. Příčinou vzniku jsou silné vrstvy půd bohatých na jíl, u kterého dojde po nasycení vodou ke ztekucení a začne sjíždět po špatně propustném podloží. Po době, kdy je možné sledovat stabilizaci posunu, dosáhla celková délka území více než 1 km a plošný rozsah sesuvu činil 20 ha. Rychlost v prvních dnech dosahovala 150 – 200 m za den. Čelo sesuvu má mocnost 1 – 5 m a zastavilo se v těsné blízkosti místní komunikace. Bylo strženo elektrické vedení, zničená turistická trasa z chaty Studeničné na chatu Gírová a zcela zničená lesní komunikace, která vedla napříč trasou sesuvu. Nedošlo ke zranění osob a ani k poškození na lidských obydlích. I po skoro deseti letech je pořád viditelná odlučná hrana, která má mocnost 30 - 40 m. Pata svahu nebyla nijak stabilizována a to z důvodu polohy sesuvu v zalesněné oblasti, kde nejsou v ohrožení lidské životy. [25][26]

2.15 Primární ostění tunelu

Primární ostění dočasně zajišťuje výrub a vytváří vhodné podmínky v horninovém masivu pro správnou funkci sekundárního, konečného ostění. Umožňuje částečné uvolnění napětí masivu v podobě radiálních přetvoření. Toto vede k vyššímu využití smykové pevnosti masivu a zajišťuje dosažení minimální hodnoty zatížení na sekundárním ostění. Pracovní charakteristika tohoto ostění musí vhodně reagovat na reologické procesy probíhající v horninovém masivu a umožnit

průběh určitých deformací, ale současně zabránit vývoji kritických deformací, při kterých dochází k sekundárnímu porušování a nakypřování horninového masivu. Tato interakce je ovlivnitelná časovou prodlevou mezi provedením dílčího výrubu a zabudováním ostění, což je časový faktor. Druhým faktorem je tuhost ostění a její vývoj v čase, která je závislá na časově závislých parametrech stříkaného betonu. Prvky primárního vystrojení musí být jednoduché na montáž a z materiálu, který může zůstat jako součást definitivního zajištění a musí celoplošně a spolehlivě zajistit podporu líce výrubu.



Obrázek 15 – primární ostění ze stříkaného betonu

Mezi hlavní konstrukční prvky primárního ostění patří stříkaný beton, ocelové oblouky příhradové nebo válcované, výztužné sítě a radiální svorníky, které ve spojitosti s horninovým prostředím spolupůsobí jako celek. Takto vytvořená konstrukce je brána jako ocelobetonová konstrukce, která se charakterem liší od klasických železobetonových konstrukcí vystavených zatížení, až po vytvrnutí betonové směsi. V případě využití zásad NRTM je taková konstrukce zatěžována hned po realizaci nástřiku vrstvy stříkaného betonu. Stříkaný beton a ocelové prvky spolu tvoří základní konstrukční prvek zajišťující stabilitu výrubu. Jeho hlavní význam spočívá ve schopnosti dokonale integrace se stabilizovaným výrubem, v celoplošné stabilizaci výrubu, v postupném tuhnutí, v absenci bednění při aplikaci a ve schopnosti mikroinjektovat horninový masiv do hloubky. Rozeznáváme dva základní postupy aplikace stříkaného betonu. Prvním je tzv. mokrá způsob, kdy se suchá betonová směs smísí s vodou již před umístěním do čerpadla a hadicí se dopravuje do trysky. Stlačený vzduch a urychlovače se přidávají do této směsi až před tryskou. Druhou metodou je tzv. suchá metoda, kde se voda do suché směsi

přidává až před tryskou, kam je dopravována hadicemi proudem stlačeného vzduchu. Do přidávané vody se často přidává urychlovač. Tloušťka stříkaného betonu je limitována technologií.

Nejčastěji používané ocelové prvky jsou příhradové oblouky svařované z betonářské oceli. Svařovaný oblouk dokonale spolupůsobí se stříkaným betonem. Mohou se používat i ocelové oblouky důlní a to v případě, že potřebujeme dosáhnout vyšší okamžité únosnosti. Osová vzdálenost nosníků neboli oblouků je stejná jako délka zabírky. V zhoršených geologických podmínkách se osová vzdálenost oblouků snižuje až na 1,2 – 1,5 m. Při vyztužování se používají také ocelové sítě, které jsou vyrobeny svařováním betonářské oceli hladké nebo žebírkové. Vytváří nosný rošt pro stříkaný beton v prvních minutách po nanesení. Při realizaci ostění s ocelovými sítěmi se musí dbát na technologický postup.

Svorníková výztuž, která je tvořená tyčovými ocelovými prvky a spolupůsobí s horninovým prostředím, přebírá s tímto prostředím tahové namáhání a tím zvyšují samonosnost horninového prostředí nebo uchycují rozvolněné zóny horniny k neporušenému masivu v prostoru horninové klenby za předpokladu dostatečně dlouhého svorníku. V dobrých geologických podmínkách se používají kotvy o délce 3 - 4 m a ve špatném prostředí 6 – 8 m. Na primární ostění se budují sekundární definitivní ostění z monolitického betonu, které musí zajistit ochranu vnitřního prostoru podzemního díla během celé jeho životnosti. [27][28]

2.16 Karl Terzaghi – zakladatel mechaniky zemin

Karl Terzaghi je znám jako otec geotechniky a zakladatel mechaniky zemin. Jako první definoval zeminu jako trojfázový systém. Definoval totální, efektivní a neutrální napětí a matematicky formuloval konsolidační proces. Narodil se 2. října 1883 v Praze.

Byl to výborný student, který exceloval v matematice a geometrii. Nastoupil na Technickou univerzitu v Grazu, kde začal studovat obor strojírenství a zajímal se o teoretickou mechaniku. První pracovní zkušenost se mu nabídla ve Vídni, kde se angažoval ve výrobě energie z vodních elektráren. Působil i chvíli v Petrohradu, kde

vyvinul nové grafické metody pro návrh průmyslových tanků a předložil je jako svou práci pro získání doktorátu na univerzitě. V roce 1912 se rozhodl odejít do Spojených států, kde shromažďoval znalosti a zprávy o problémech v různých stavebních projektech. Měl svou laboratoř, ve které prováděl měření a analýzy sil na opěrných zdech. Výsledky této práce byly publikovány v angličtině v roce 1919 a byly uznány jako významné vědecké posuny k porozumění základního chování zemin. Působil v Istanbulu, kde si vybudoval novou laboratoř, aby studoval experimentální a kvantitativní permeability půdy na vodu. Jeho asistentem se stal Artur Casagrande, renomovaný pro své návrhy přístrojů zkoušení půdy, základní výzkum průsaků a zkapalnění zeminy. V roce 1925 vydal průlomovou práci *Erdbaumechanik* (Mechanika zemin), ve které shrnul své závěry z dosavadních výzkumů zemních tlaků a stability svahů. Touto knihou položil základ moderní mechanice zemin jako vědnímu oboru a poprvé uveřejnil takzvaný princip efektivního napětí.



Obrázek 16 – Karl Terzaghi (<http://www.geostructures.com>)

Mechanika zemin je vědní obor, který řeší rovnováhu napětí a přetvoření vyvolané v zemině změnou napjatosti. Zemina má na rozdíl od ostatních stavebních materiálů výrazně složitější chování a to je dáno především tím, že má tři fáze. Smykovou pevnost má jen fáze pevná, kapalná a plynná pouze přenáší vzniklé napětí. Vzájemný poměr těchto fází má vliv na chování zemin jako celku a to ovlivňuje pevnostní a deformační parametry zemin.

V roce 1954 byla vydána další kniha *Theoretische Bodenmechanik* a další jeho publikací je kniha *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Terzaghi byl čtyřikrát vyznamenán a získal devět čestných doktorátů. Ve Vídni jsou po něm ve

dvaceti dvou okrscích pojmenovány ulice a v Praze má na počest pamětní desku. Karl Terzaghi zemřel 25. října 1963 ve Winchesteru, Massachusetts.[29][30]

2.17 Krasové jeskyně

Kras je geologické označení pro soubor osobitých tvarů a jevů vznikajících činností povrchové a podzemní vody v krajině erozí nebo korozí vody. Slovo kras je slovinského původu, které u nás zdomácnělo. Podklad tvoří rozpustné horniny jako vápenec, dolomit, sádrovec nebo halit. Voda vsakující se z povrchu do podzemí rozšiřuje původní puklinové systémy a vytváří jeskynní komplexy. Krasem označujeme jeskyně, krápníky, ponorné řeky, propasti, závrtý a ještě mnohé další úkazy, které tvoří soubor přírodních jevů. Krasové oblasti jsou protkány mnohými geologickými útvary, které rozdělujeme podle jejich vzniku na primární a sekundární krasové jevy. Primární jevy jsou ty, které vznikají při přímém působení erozní činnosti vody. Jsou to škrapy, závrtý, říční ponory, krasová jezírka, krasové kapsy a jeskyně. Sekundární jevy jsou jevy, které vznikají opětovným vysrážením rozpuštěného vápence z vodního prostředí a jejich opětovným návratem do pevného skupenství. Mezi sekundární jevy patří krápníky, závoje, excentrické krápníky, jeskynní růžice a jeskynní perly.



Obrázek 17 – krasová jeskyně

Jeskyně jsou často rozsáhlé systémy chodeb, táhnoucí se třeba i desítky kilometrů pod zemským povrchem. Sahají až několik set metrů pod povrch a vznikají tunely, které mohou dosahovat šířek železničních tunelů. Tlačící masa

horniny v nadloží se může vlivem své vlastní váhy zborit do vzniklého tunelu a poté hovoříme o zřícení jeskynního stropu. Když dojde k propojení se zemským povrchem, mohou vznikat po tomto zřícení nové krasové útvary, které nazýváme propasti. Propast je vertikálně orientovaná jeskyně ústící na zemský povrch popřípadě do dna jeskyně, u níž převažuje vertikální rozměr. Svého druhu je u nás největší propast Macocha dlouhá 174 m a široká 76 m. Vzniká velký klenutý prostor, který nazýváme dóm. Dóm je rozsáhlá jeskynní dutina vznikající v převážné míře vodní korozí na křížení dvou puklin. Vlivem změny některého parametru, jako je teplota nebo tlak, se z vody opětovně začne vylučovat oxid uhličitý. Vzniklá reakce má za následek srážení rozpuštěných minerálů a vznik velkolepé výzdoby jeskynních prostor v podobě krápníků a dalších jeskynních útvarů. Mezi nejznámější druhy krápníků patří stalagmit, stalaktit a stalagnát. Stalagmit je krápník, který roste ze dna či stěny jeskyně vzhůru. Stalaktit je krápník, který roste od stropu popřípadě šikmé stěny v místech výstupu vodních roztoků do volných jeskynních prostor. Stalagnát je sloup, který vznikne srůstem stalagmitu a stalaktitu.

V České Republice mezi nejznámější krasové oblasti patří Moravský kras, Český kras a Hranický kras. Mezi významné jeskyně patří Punkevní, Javoříčské, Koněpruské a Kateřinská jeskyně. [31][32][33]

2.18 Svatá Barbora – patronka horníků a tunelářů

Svatá Barbora z Nikomédie označována jako panna a mučednice, patří ke čtrnácti svatým pomocníkům. Byli voláni zvláště v těžkých chvílích jako například při morových epidemiích. Jejich společná památka se slaví 4. prosince. Svaté Barboře je zasvěceno několik kostelů, z nichž nejznámější je kutnohorský chrám svaté Barbory. Svatá Barbora je patronkou mnoha řemesel a povolání, z nichž nejvýznamnější jsou horníci. V dolech horníci nechávali 4. prosince hořet ve štolách přes noc kahany na ochranu před smrtí a úrazy. Toto světlo bylo pojmenováno Barbořino světlo. Dále je také svatá Barbora patronkou, slévačů, stavebních dělníků, pokrývačů, tesařů, architektů, kameníků, kuchařů a řezníků. Stala se ochránkyní všech, kteří mají spojitost se střelným prachem a zbraněmi. Je také uctívána jako ochránkyně proti smrti bleskem, proti bouřím, požárům a je patronkou umírajících.

Vyobrazována bývá více způsoby. Nejčastěji s křížem nebo pavím pérem, které symbolizuje nesmrtelnost. Dále také s mečem, který je symbolem jejího umučení, držící kalich s hostií, což je symbol svátosti oltářní. Také bývá představována s věží obvykle s třemi okny či její miniaturou, kterou drží v ruce.



Obrázek 18 – socha svaté Barbory na katedře geotechniky a podzemního stavitelství

Legenda ji uvádí jako krásnou dceru zámožného Dioskura, který byl velkým nepřítelem křesťanů, jejichž učení se Barbora snažila poznat. Dioskuros chtěl svou dceru ohlídat před jejich vlivem a uvěznil ji do věže. Při jedné z otcových cest se údajně domluvila se zedníky na udělání třetího okna, ač do jejího vězení byla naplánovaná jen dvě. Barbora chtěla, aby jí připomínaly Nejsvětější Trojici. Po otcově návratu následovalo vyslýchání. Někde se uvádí, že v době otcovy nepřítomnosti přijala i svátost křtu a když se mu přiznala, že chce náležet jen Kristu, byla před jeho hněvem dočasně ukryta do země. Některé verze uvádějí, že se skrývala v jeskyni. Otec si v hněvu prý přizval soudce Marciana a Barboru dal krutě zbičovat. Druhého dne rány po bičování z jejího těla zmizely. Mezi popisovaná muka, kterými ji chtěli od víry odvrátit, je uváděno drásání železnými hřebeny, pálení boků, tlučení do hlavy, z níž jí chtěli Krista vymlátit i uřezání prsou. Posledním Marciánovým rozhodnutím bylo, že je nutné useknout Barboře hlavu. Vlekli ji znetvořenou městem k popravišti. Anděl prý Barbořino krvácející tělo zahalil bílým oděvem. Když dorazili na místo, otec byl rozhodnut práci vykonat sám. Legenda v závěru hovoří o tom, že když svou dceru sťal mečem, byl sám zabit bleskem. Socha sv. Barbory je často umístěna na portálech tunelů. V dnešní době je nejznámější zvyk na svátek svaté Barbory uříznout třešňovou větvíčku, vložit do vody a čekat zda do Štědrého dne vykvete. [34][35][36]

2.19 Kameninový zásyp svahu zářezu

Kameninový zásyp ve svahu se uměle vytváří z důvodu přetížení daného svahu, povrchového odvodnění a zajištění stability celého svahu. Stabilita svahu se řeší z důvodu možného vlivu průsakové srážkové povrchové vody, hladiny vody, proudového tlaku podzemní vody, oslabení paty svahu nebo přetížení koruny. Řešením je úprava tvaru zemního tělesa, odvodněním svahu, vyztužení nebo vytvoření opěrné konstrukce. V tomto případě je zásyp vytvořen hlavně pro povrchové odvodnění celého svahu. Mezi hlavní příčiny vzniku, svahového pohybu patří voda. Jedná se o zvýšené přítoky podzemní vody nebo povrchový odtok vlivem atmosférických srážek. Pro stabilizaci svahu a sesouvajících hmot je nutné provést taková opatření, která eliminují přítomnost vody. Jako prvky povrchového odvodnění se používají otevřené příkopy nebo mělké odvodňovací rýhy zasypané porézním materiálem, zpravidla šterkem, případně do nich mohou být vloženy drenážní porézní trubky. Mohou být také uzavřené s položenými keramickými trubkami.



Obrázek 19 – kameninový zásyp svahu zářezu

Povrchové odvodnění má opodstatnění zejména v zázemí svahové deformace, případně podél bočních omezení, kde zachytává povrchový odtok z výše položených míst. Drenážním systémem zachycená voda je odváděna mimo oblast rizika svahových deformací a ústí do kanalizace nebo místního povrchového toku. Povrchové odvodnění nebude funkční, bude-li vystupovat na původní terén. Musí se respektovat sklon svahu. Obě rizika jsou ve smyslu působení gravitace, kdy voda teče ve směru spádnice. Drenážní rýhy musí mít stejnosměrný spád tak, aby v jejich

trase nevznikaly prohlubně. Ucpaná nebo porušená rýha povede ke snížení stability svahu. [37][50]

2.20 Výložníková fréza

Výložníkové frézy jsou vyvinuty ze strojů pro těžbu uhlí. Na výložníku rotuje axiální nebo příčná řezná hlava, která má kulový, válcový nebo kuželový tvar. Hlava je osazena rozpojovacími nástroji, což jsou zuby, dláta nebo roubíky. Řezná hlava bývá skrápěná vodou pro snížení prašnosti. Pod výložníkem bývají běžně diskové nakládače na rubaninu. Přes frézu jsou vedeny hřeblové nakládače a za frézou mohou být zavěšeny pásové dopravníky. Výložníková fréza může být osazena impaktorem, což jsou těžká bourací kladiva. Většina razících strojů se pohybuje na pásovém podvozku, neboť jejich hmotnost zajišťuje dostatečnou stabilitu. Rozpojená rubanina se z počvy nakládá zpravidla klepetovým nakladačem a dále dopravuje za stroj hřeblovým dopravníkem se stranově a výškově říditelným výklopníkem.



Obrázek 20 – razící výložníková fréza v areálu dolu Landek

Vlastní nosná konstrukce je podřízena konstrukcí a funkcí rozpojovacího ústrojí. Razící stroje je tak možno rozdělit na stroje s řetězovým ústrojím, stroje s rotační řeznou hlavou, stroje s kombinovaným řezným ústrojím, stroje s planetovým ústrojím, stroje se sbíjecí hlavou, stroje s diskovým ústrojím a stroje s válcovým ústrojím. Razící stroje s řetězovým rozpojovacím ústrojím tvoří systém dvou a více brázdících řetězů, různě výkyvných podle typu stroje. Uplatňují se při ražbě v uhlí, soli a měkkých železných rudách. Razící stroj s rotační řeznou hlavou tvoří zpravidla

jedna, méně často dvě řezné hlavy otáčející se kolem osy rovnoběžně s podélnou osou stroje. Nože vyřezávají v celé ploše čelby koncentrické drážky a žebra vytvořená mezi nimi se postupně odlamují odlamovačem. Stroje se používají pro ražby v uhlí nebo draselné soli. Stroje s kombinovaným řezným ústrojím tvoří zpravidla kombinace rotačních řezných hlav a brázdících řetězů. Účelem tohoto řešení je dosáhnout příznivé měrné spotřeby energie na rozpojování horniny ve větší kusovitosti. Rozpojování probíhá v celé čelbě raženého profilu různého tvaru, a to vytvářením různě orientovaných drážek nebo řezů s následným mechanickým odlamováním zbylých žeber. Razící stroj s planetovým ústrojím je planetové rozpojovací ústrojí tvořeno několika disky s řeznými nástroji na obvodu. Každý disk se otáčí kolem své osy a všechny disky společně kolem podélné osy razícího stroje.

U razících strojů se sbíjecí hlavou je hornina rozpojována noži na rotující hlavě, umístěné na výložníku, jehož prostřednictvím je zajišťován pohyb hlavy v celé ploše čelby libovolného tvaru. Stroje se hodí pro ražbu chodeb v uhlí a středně pevných horninách. Razící stroje s diskovým ústrojím mají na rozdíl od razících strojů se sbíjecí hlavou na výložníku umístěno několik řezných disků, které kromě vlastní rotace a kývavého pohybu ve vertikální rovině ještě vibrují v horizontální rovině. Stroje jsou vhodné pro ražby v železné rudě. Razící stroje s válcovým ústrojím jsou obdobou razících strojů s diskovým ústrojím, jen s tím rozdílem, že disky jsou nahrazeny válcem. Vnější části třídílného rozpojovacího válce zajišťují opačně orientovanými šroubovicemi při jeho rotaci posuv rozpojované horniny ke středu stroje. Razící stroj se sbíjecí rozpojovací hlavou využívá sbíjecího účinku výkonného sbíjecího kladiva, upevněného na hydraulicky ovládaném rameni stroje. Tyto stroje jsou vhodné pro ražbu i v pevných horninách. [38][39]

2.21 Uhlíkový dobývací kombajn

Kombinované stroje představují vyšší stupeň technické úrovně mechanizovaného ražení. Zajišťují rozpojení horniny, nakládání a odtěžení. Razící stroje jsou stroje s rozpojovacím ústrojím, které je značně menší než profil raženého díla a hornina v čelbě je rozpojována postupně. Razící stroj je sestaven ze tří základních částí. Z rozpojovací hlavy výložníku, nakládací části a podvozek. Dělí se

podle hmotnosti na lehké do 18 tun, střední do 35 tun a těžké do 50 tun. Podle použitelnosti se rozdělují na užití do uhlí, pro přebírku měkkých hornin a pro přebírku pevných hornin. Použití musí být podmíněno efektivitou a účelností. Dobývací kombajny spojují funkce rozpojování uhelného pilíře a nakládání rozpojeného uhlí.



Obrázek 21 – dobývací kombajn v areálu dolu Landek

Celý kombajn je zpravidla sestaven z jednotlivých funkčních částí, které tvoří samostatné montážní celky, spojené navzájem šrouby na příruby. Tyto části jsou motor, řezná část, rozpojovací orgán, vrátková část a nakládací zařízení. Vyvinuly se z brázdících strojů, které byly doplněny výkyvným ramenem a nahrnovací radlicí a byly označeny jako širokopokosové. Jejich rozpojovací orgán je upravený brázdící řetěz nebo brázdící tyč. Kombajny se dělí podle šířky záběru na širokopokosové a úzkopokosové. Podle řetězového rozpojovacího orgánu se dělí na válcové, korunkové a kombinované. Dále podle způsobu dobývání máme jednosměrné a obousměrné. Podle umístění vrátku rozlišujeme kombajny s vrátkem v tělese kombajnu a s vrátkem na těžní chodbě. Starší typy kombajnů byly většinou kombajny širokopokosové a jejich nejdůležitější znaky byly velký záběr, dobývání pouze v jednom směru jízdy, poměrně malá pracovní postupová rychlost, podstatně vyšší zpáteční rychlost, aby se zkrátily neproduktivní časy a ztrátové časy, spojené s demontáží kombajnu na konci pracovní jízdy a jeho zpětnou montáží na začátku porubu před další pracovní jízdou. Dále velká odkrytá plocha stropu, což komplikovalo organizaci práce, protože je nutno při překládání dopravníku vcelku stavět provizorní výztuž nebo vyztužovat sice definitivně, ale dopravník při překládání rozebírat. V současné době se používají výhradně kombajny

úzkopokosové se šířkou záběru do 1 m. Dobývání úzkými pokosy je výhodnější než širokopokosovými, protože umožňují použití bezstojkové porubní fronty, zvýšení počtu cyklů, nasazení mechanizované výztuže a zvýšení bezpečnosti práce. [40]

2.22 Vrtací souprava

Vrtací soupravy se používají při geologických průzkumech k zjišťování složení půdy, ale také k vrtání studní, otvorů pro piloty hlubinného zakládání, otvory pro injektáže a vrty pro trhací práce.



Obrázek 22 – vrtací souprava v areálu dolu Landek

Podle způsobu vrtání můžeme dělit vrtací soupravy na nárazové vrtání, rotační vrtání, příklepné vrtání a rotačně příklepné vrtání. Podstatou nárazového vrtání je, že dláto, které je upevněno na konci lana nebo tyčích, je zvedáno a pouštěno na dno vrtu a ostří tohoto dláta klepe do horniny a odštěpuje ji. Je nutné čas od času hloubení přerušit a odstranit ze dna vrtného otvoru nashromážděné úlomky horniny. Vrtným nástrojem u rotačního vrtání je vrták s břity, se kterým se za řízeného přítlaku otáčí a tím se působí na horninu. Rotační zařízení dává vrtné koloně energii nejen k překonání řezných odporů horniny, ale i odporů tření o stěny vrtu. Otáčení přenáší z „rotačního stolu“ soupravy trubky, kterými se může současně do vrtu pumpovat výplach. Výplach tvoří hustá kapalina složená hlavně z jílu a vody. Výplachová kapalina tryská z vrtného nástroje, který ochlazuje, ale především vynáší zpět k ústí vrtu rozdrčené horninové úlomky. V současné době

jsou rotační zařízení vyvinuta ve třech typických skupinách: rotační stoly, rotační hlavy a ponorné vrtné motory.

U příklepného vrtání vrták po každém příklepu pístu na hlavu vrtáku vytvoří vrub do horniny. Kinetická energie způsobí odskočení vrtáku ode dna a současným pootočením. Při tomto zpětném odskoku je vrták připraven dopadnout na jiné místo. Vrtná jednotka má kladivo umístěné vně vrtu nebo uvnitř vrtu. Při vnějším působení kladiva příklepný píst naráží na koncovku, která předává energii na vrtný nástroj. Princip u rotačně příklepného vrtání spočívá v současném působení rotace a dynamických rázů, vyvozovaných ponornými kladivy.

Podle způsobu práce vrtného nástroje v hornině lze vrtné soupravy obecně rozdělit na čtyři základní typy, jako jsou soupravy pro ruční vrtání rotační a nárazové, soupravy pro nárazové vrtání strojní, soupravy pro strojní vrtání rotační a turbínové, soupravy pro speciální způsoby vrtání. [41]

2.23 Vrtná souprava na vrtání pilot

Vrtná souprava je komplex strojů a zařízení umožňujících rozpojovat horninu, získávat vzorek horniny, vykonávat manipulaci s vrtným nářadím, vynášet rozrušenou horninu na povrch, zabezpečovat stěny vrtu a některé další operace, které jsou dány účelem využití vrtu. Vrtání pilot se provádí různými způsoby a technologiemi. Rotační vrtání s vrtnou nádobou kde rotaci zajišťuje Kellyho tyč, u které můžeme měnit délku podle potřeby a dále hydromotor.

Další možnou technologií je šnekové vrtání, u kterého vrtání může být prováděno s pažením nebo bez pažení. Šnekový vrták je zavěšen na výložníku nebo v teleskopickém zařízení a při vytahování výložníku je možná betonáž. Dále zde patří nárazové vrtání drapákem v ocelové pažnici, kde je vrták zavěšen na laně výložníku. Otevřené čelisti při pádu narážejí na horninu, rozpojená hornina se hromadí uvnitř drapáku, který pracuje v pažnici a po každém vyprázdnění se drapák pootočí. A pak je zde výplachové vrtání, kde rozrušená zemina se vyplavuje z vrtu suspenzí. Toto vrtání se používá při vrtání pod hladinou podzemní vody nebo při

velkých hloubkách vrtu. Pro rotační vrtání se používají šapy, což jsou lžícové vrtáky. Dále se používají vrtací korunky s břity a speciální skalní frézy.

Vrtaná pilota se skládá z hlavy piloty, pažnice, výztužného armokoše a paty piloty. Technologický postup vrtaných pilot je tvořen vyvrtáním vrtu, přípravnými pracemi, armováním a betonáží a posledním krokem je odpažení a úprava hlavy piloty. Piloty můžeme rozdělit podle způsobu pažení a to na nepažené, pažené ocelovou pažnicí, pažení jílovou suspenzí a na piloty s rozšířenou hlavou. Nejčastěji jsou vrtané piloty zhotovované na místě do vrtů o průměru větším než 300 mm.



Obrázek 23 – vrtací souprava pro vrtání pilot

Vrty pro piloty se provádějí většinou technologií rotačně náběrového vrtání pomocí speciálních nástrojů. K pažení vrtů o průměru do 1500 mm se využívá většinou ocelových spojitelných pažnic, které se instalují přímo pomocí speciálního nástroje na vrtné soupravě nebo pomocí dopažovacího zařízení, jež slouží k instalaci i k vytahování pažnic. K pažení vrtů velkých průměrů se v současnosti využívají bentonitové pažící suspenze. Betonáž je prováděna po dovržení, vyčištění vrtu a po osazení armokoše, přes sypákové usměrňovací roury s násypkou, která usměrňuje proud betonu do vrtu tak, aby nedošlo k jeho roztržení. Vrty zvodnělé nebo pažené jílovou suspenzí se betonují metodou Contractor za použití vodotěsné, rozpojovatelné kolony sypákových rour. Největší průměr pilot provedených do zapažených vrtů je závislý na technických možnostech použitého stroje a geologických podmínkách. Speciální případ vrtaných pilot představují piloty prováděné průběžným šnekem, jehož závity jsou přivařeny na střední rouru s uzávěrem dna. Šnek se do země zavrtává až do požadované hloubky bez průběžného vytahování vrtného nářadí z vrtu. Po dosažení projektované hloubky se

začne s betonáží za současného vytahování vrtného nářadí. Na závěr může být do betonové piloty vtlačen armokoš. Největší předností je vysoká produktivita provádění pilotovacích prací a zvýšená plášťová únosnost vlivem betonáže pod tlakem. [42]

2.24 Hlava tunelovacího štítu

Konstrukčním základem štítu je ocelový kruh sestavený ze segmentů z oceli. Tloušťka je 15 - 25 mm a v přední části je ukončen řeznou hranou. Štítová konstrukce je vyztužená vodorovnými a svislými příčkami, které zasahují až k řezné hraně. V nesoudržných horninách se ke štítu přidává výsuvná stříška, která zabraňuje hornině, aby se ze stropních prostorů sypala do pracovního prostoru. Nejsložitější konstrukci mají štíty určené pro ražení ve zvodněných prostředích, protože se musejí dát uzavřít i z přední strany na čelbě.



Obrázek 24 – hlava tunelovacího štítu v areálu dolu Landek

Princip štítování je v postupném posouvání štítové konstrukce do horniny soustavou hydraulických lisů, které se opírají o hotovou část výztuže. Odtlačují se přitom od čela prstence prefabrikovaného ostění, které se montuje pod ochranou pláště v koncové části štítu. Pod ochranou pláště v přední řezné části štítu se zemina rozpojuje. Mechanická charakteristika hornin, ve kterých se musí vždy použít razící štít, si vyžaduje okamžitou únosnost výztuže tvořené tvarovkami, panely nebo tybinky. Z konstrukčního hlediska lze rozdělit štíty do dvou skupin a to na

komunální štíty na ražení štol a štíty s většími průřezy, které jsou používány pro ražení dopravních tunelů. Štíty s většími průřezy musejí být rozebiratelné na několik částí, aby bylo možné je dopravit ze stavby na stavbu.

Pracovní postup štítování začíná ražením v pracovní šachtě, kde se vytvoří opěrná konstrukce a lůžko pro přesné směrové a výškové osazení štítu. Poté se za štít osadí spodní segmenty prstenců ostění, o které se štít opírá při posunu. Před vytvořením průnikového otvoru v pažící stěně pracovní šachty je nutné zeminu na délku několika metrů ve směru ražení zpevnit a utěsnit, aby při průniku štítu nedošlo k průvalu vody nebo sesuvu zeminy do šachty. První smontované prstence ostění se zajistí opěrnou konstrukcí v pracovní šachtě. Štítuje se neustále v uzavřených cyklech. Výhodou štítování je, že všechny pracovní operace se vykonávají pod ochranou pláště štítu, což zvyšuje bezpečnost pracovníků. Výhodou je i to, že ve štítu je materiál na primární zajištění výrubu, který je potřebný při konvenčním ražení. Pracovní postup při štítování a volbu mechanizačních prostředků lze přizpůsobit geologickým a hydrogeologickým poměrům v trase a délce raženého úseku. Podle celkového vybavení rozeznáváme nemechanizované štíty, mechanizované štíty se záběrem po částech, komplexní mechanizované štíty, štíty pro ražení pod hladinou podzemní vody a zvláštní štíty. Mezi štítování patří také prstencová metoda výstavby, což je erektorové ražení, které se uplatňuje při ražení štol a tunelů v soudržných zeminách. Erektor bez ochrany pláštěm štítu je ukládač prefabrikovaného ostění. Ostění je s kruhovým, eliptickým nebo klenutým průřezem.[2]

2.25 Totální stanice a terčik pro geodetická měření

Jednou z významných oblastí přesné geodézie je 3D monitoring (sledování posunů) bodů a konvergenční měření geodetickými metodami. Tato měření probíhají etapovitě s postupným vyhodnocováním posunů bodů ve zvolených směrech. Přesnost určení posunů je definována v projektu měření nebo vychází z definované hodnoty kritického posunu. Moderní totální stanice umožňují automatické zaměřování, měření, zpracování výsledků měření a jejich dálkový přenos. Totální stanice byla vyvinuta z potřeby propojit teodolit, elektronický dálkoměr

a jednoúčelový počítač do jednoho celku. Moderní totální stanice umožňují měřit vzdálenost na cíl bez použití odrazného hranolu. Geodetické totální stanice mají bohatý a výkonný software, který umožňuje vykonávat měření v terénu. Nejmodernější totální stanice jsou vybaveny servomotory a funkcemi pro automatizované vyhledání odrazného hranolu a jeho kontinuální sledování při práci.

Totální stanice řadíme mezi elektronické přístroje pro měření a registraci měřených hodnot vodorovných úhlů, výškových úhlů, vzdáleností a jejich přepočty na pravoúhlé souřadnice, které vyšlou laserový nebo infračervený paprsek směřující požadovaným směrem a je primárně vyhodnocován čas potřebný k registraci odraženého paprsku zpět. Indikační body mohou mít různý charakter (světelné diody, odrazové terčíky). Odrazový terčík se světelnou diodou je zabudovaný do ostění ze stříkaného betonu. Měření je rychlé, přesné a spolehlivé. Dálkoměr slouží k zaměřování na odrazové hranolky nebo plastové terčíky vyplněné odrazovou fólií, které jsou upevněny na měřených bodech. Místa, ve kterých měříme deformace výlomu, nazýváme měřičskými profily. Ty jsou definovány nejčastěji třemi body pro menší plochy průřezů a pěti body pro velké průřezy tunelů. Jeden je vždy v nejvyšší části, ostatní jsou na bocích, zrcadlově dle osy tunelu.



Obrázek 25 – totální stanice a osazený terčík v terénu

Totální stanice jsou vybaveny zabudovaným nebo připojitelným hardwarem, výpočetními softwary, dálkovými ovladači a záznamovými médii. Samotné monitorování neklade nároky na přerušení jiných činností souvisejících s výstavbou. Měří se z volných stanovišť, kdy si měřič zvolí vhodné místo, ustaví stativ a připojením na stabilizované body zaměřuje velké množství konvergenčních bodů

za krátký časový úsek. Pomocí totální stanice se stabilizované body využívají k dalším aplikacím, jako je stanovení směru ražby. U zaměřeného bodu jsou známy 3D souřadnice, proto je absolutní posun přesně znám. Zaměřené a zaznamenané vstupy mohou být okamžitě vyhodnoceny a softwarem digitalizovány. Nedochází k hrubým chybám a pracovat s totální stanicí může pouze kvalifikovaný personál. Pořizovací ceny totálních stanic jsou v dnešní době vysoké.[43][44][45]

2.26 Pásmový konvergometr

Měření konvergence spočívá v měření změny vzdálenosti mezi dvěma body, které jsou pevně fixovány s okolním monitorovaným prostředím. V současnosti se provádí monitoring konvergence na základě monitoringu 3D pohybů fixovaných bodů, z nichž lze odpovídající konvergence vyhodnotit. Změna vzdálenosti je proměřována v případě menších vzdáleností obvykle mechanicky pomocí ocelového pásma nebo teleskopické stojky. Pásmový konvergometr se také označuje jako pásmový extenzometr a používá se k měření malých změn vzdáleností mezi dvěma stabilizovanými body.



Obrázek 26 – pásmový konvergometr

Skládá se z ocelového měřického pásma z invarové oceli, napínacího zařízení, které je tvořeno pružinou se siloměrem zajišťující identické napnutí pásma. Dále se skládá z navíjecí cívky, aretace, měřících indikátorových hodin a uchyvacího zařízení pro připojení k pevně fixovaným bodům, jako je kulový

šroub nebo ocelová karabina. Pevně osazené svorníky s možností uchycení samotného konvergometru (kulové zhlaví, ocelové očko) jsou pevně zacementovány v okolním prostředí a jsou obvykle orientovány tak, že směr měřického pásma mezi nimi indikuje směr očekávaných pohybů. Přesnost měření uváděná výrobcí pásmových konvergometrů je cca 0,05 mm. Tato pásmová monitorovací měření však neumožňují průběžný automatický záznam dat.

Měření začíná tím, že háček na začátku pásma se připevní ke stabilizovanému bodu. Pásmo se natáhne k následujícímu bodu a zahákne se druhým háčkem. Následně se hrot na extenzometru zahákne do nejbližší dírky na ocelovém pásmu. Poté je nutné nastavovacím šroubem nastavit takové předpětí, aby indikátor napínací síly byl ve správné pozici. Nyní je možné na číselníkovém úchytkoměru odečíst s přesností na 0,01 mm výslednou hodnotu. Při vlastním výpočtu konečné hodnoty je nutné započítat opravu na teplotu. Před každým měřením je potřeba změřit teplotu prostředí, ve kterém se měření realizuje. Vlastním monitorovacím zařízením, které patří mezi extenzometry, je teleskopická tyč, která se používá především při proměřování kratších vzdáleností obvykle ve svislém směru. [44][45][46][47]

2.27 Kuželová zkouška a stanovení meze tekutosti

Mez tekutosti je vlhkost, při které zemina přechází ze stavu plastického do stavu tekutého. Mez tekutosti spolu s mezemi smrštění a plasticity patří mezi Atterbergovy meze. Pro provedení zkoušky potřebujeme kuželový přístroj s příslušenstvím, jemnozrnnou zeminu, vodu, stěrku, misku, váženky a sušičku, abychom mohli zeminu ve váženkách vysušit.

Pro stanovení meze tekutosti potřebujeme zeminu prosetou sítím s otvory o velikosti 0,4 mm nebo jí nejbližší. Zeminu dáme do keramické misky, přidáme vodu, ale ne příliš velké množství, abychom směs neměli příliš tekutou. Stěrkou pečlivě mícháme do té doby, než se všechna zrna rovnoměrně obalí vodou. Vytvořeným vzorkem naplníme po okraj hliníkovou misku, kde nesmí zůstat vzduchové bubliny. Povrch naplněné misky zarovnáme laboratorním nožem. Poté misku vložíme bezprostředně pod špičku kužele, provedeme počáteční čtení na

měřidlo poklesu a spustíme přístroj. Po ukončení zkoušky se přístroj vypne. Po zaboření kužele do zeminy provedeme opět odečet na měřidlo a stanovíme jejich rozdíl. Tato hodnota by měla být v intervalu 10 - 30 mm. Z hliníkové misky nakonec odebereme do očíslované váženky 20 g zeminy pro zjištění vlhkosti. Celý postup opakujeme ještě nejméně 2x se změnou přidaného množství vody. V případě, že se hrot zaboří v prvním měření do hloubky menší než 20 mm, pak další měření provádíme za postupného přidávání vody do vzorku. V případě, že se hrot zaboří v prvním měření do hloubky větší než 20 mm, pak další měření provádíme po částečném vysušení tohoto vzorku v keramické misce. Váženky s odebranými vzorky směsi uložíme do sušičky. Závislosti mezi vlhkostmi a příslušnými hloubkami zaboření hrotu se v měřítku vynesou do grafu, kde na vodorovnou osu vynášíme hloubky zaboření a na svislou osu příslušné vlhkosti v procentech. Získanými body se proloží přímka a odečte se vlhkost odpovídající normou předepsanému zaboření hrotu kužele pro vlhkost na mezi tekutosti (konkrétní hodnota zaboření závisí na hmotnosti kužele a tvaru zkosení hrotu). Pro kužel o hmotnosti 80 g a úhel hrotu 30° odpovídá vlhkosti na mezi tekutosti hodnota zaboření kužele 20 mm.



Obrázek 27 – kuželový přístroj pro stanovení meze tekutosti

Stanovit mez tekutosti se dá i pomocí Cassagrandeho přístroje. Postupy zkoušek se v podstatě liší pouze použitým přístrojem pro stanovení meze. Směs se naplní Cassagrandeho miska a zarovná se stěrkou. Poté se udělá normovaným nožem ve středu koláče misky rýha a zapne se Cassagrandeho přístroj. Po spojení obou polovin ve spodní části na délku 12,5 mm zaznameneáme počet úderů a z každé poloviny odebereme vzorky na určení vlhkosti. Celý postup opakujeme alespoň třikrát. Konečná vlhkost je omezena podmínkou, že obě poloviny koláče se musí

spojit nejméně při 15 a maximálně při 35 úderech. Závislost se vynese do grafu, získané body proložíme přímkou a odečteme odpovídající vlhkost 25 úderům. Obě zkoušky jsou ve své podstatě stejné a hledanou veličinou je zde vlhkost na mezi tekutosti. [48]

2.28 Smyková krabicová zkouška

Krabicová zkouška slouží ke stanovení pevnostních parametrů zemin, které se projeví při usmyknutí zemin. Mezi pevnostní parametry řadíme soudržnost a úhel vnitřního tření. Úhel vnitřního tření a soudržnost jsou parametry zeminy, které určují smykovou pevnost zeminy. Smyková pevnost zeminy je závislá na napětí v zemině. Pomocí těchto parametrů lze například určit průběh smykové plochy sesuvu, stupeň stability svahu a určit maximální bezpečný sklon svahu. Pevnost zeminy je nutné znát ke statickému řešení úloh z mechaniky zemin pro výpočet únosnosti zemin, stability svahů, výpočet zemních tlaků. Při namáhání zeminy dojde nejčastěji k porušení smykem. Výhodou zkoušky je její relativní jednoduchost a relativně nízká cena oproti jiným zkouškám, které stanovují stejné parametry. Nevýhodou je předurčená smyková plocha v místě rozpůlení krabice, která nemusí být vždy smykovou plochou nejméně bezpečnou. Je možné měřit jak vrcholové, tak i residuální parametry a to při vysoké orientaci částic. Mohr – Coulombova teorie porušení zeminy říká, že se zemina poruší kritickou kombinací normálového a smykového napětí a ne pouze normálovým či smykovým napětím.



Obrázek 28 – smykový krabicový přístroj

Laboratorní zkoušky provádíme zásadně na neporušených vzorcích jemnozrnné zeminy a zkoušky hrubozrnných zemin se provádí pouze v terénu. Při smykové krabicové zkoušce se vzorek zeminy vloží do smykové krabice, která může mít variabilní rozměry (např. 60 x 120 mm), mezi porézní destičky, přičemž vzájemná poloha nepohyblivé a pohyblivé části krabice se zajistí odnímatelnými kovovými kolíky procházející oběma částmi krabice. Zkoušky se provádějí pro 3 až 4 různá konsolidační napětí. Nejmenší napětí by mělo odpovídat napětí geostatickému, které působilo na zeminu v té hloubce, odkud byl vzorek odebrán. Po zatížení vzorku se vyčká na konsolidaci zeminy, přičemž její délka závisí na typu zeminy. Po ukončení konsolidace se odejmou kolíky spojující obě části smykové krabice. Každá zkouška se provádí až do usmyknutí vzorku, což se projevuje tím, že při zvětšujícím se posunu se smykové napětí již dále nezvyšuje nebo neklesá. K výpočtu smykového napětí se použije např. kalibrační křivka příslušného dynamometru, který umožňuje přepočet mezi deformací a smykovou silou.

Výsledky zkoušky, které jsme získali, vyneseme do grafu závislosti smykového napětí na normálovém napětí při vzniku smykové plochy. Poté vykreslíme Mohrovu obálku pevnosti a zjistíme parametry smykové pevnosti, které jsme hledali. [48]

2.29 Proctorův přístroj pro stanovení zhutnitelnosti zemin

Proctorova zkouška slouží ke stanovení optimální vlhkosti, při níž dosáhneme pro zvolenou hutnící energii největšího zhutnění, což znamená zjištění maximální objemové hmotnosti suché zeminy. Principem hutnění je, že na zeminu ve válci dopadá pěch (závaží), který má menší průměr než prstencová forma a zeminu hutní. Forma se otáčí a zemina je postupně hutněna v celé její ploše. Původně existovala pouze Proctorova zkouška standardní, ale později byla rozšířena na Proctorovu zkoušku modifikovanou, která se hodí i pro hrubozrnný materiál.

Pro Proctor Standard je váha pěchu 2,5 kg, výška dopadu 305 mm, tři zhutňovací vrstvy a počet úderů je stanoven na 25. Tato zkouška je vhodná pro podloží s jemnozrnnou zeminou. Zeminu, která by měla být menší než 5 mm, necháme vysušit na vzduchu a poté jí navlhčíme. Potřebné množství vody spočítáme

podle daného vzorce, odměříme a v malých dávkách přiléváme do zeminy. Zeminu promícháme a necháme jí stát 12 hodin, aby se vlhkost rovnoměrně vstřebala. Zvážíme celý zhutňující válec bez vzorku a nástavce, změříme rozměry válce a stanovíme jeho objem. Navlhčenou zeminu vsypeme do válce, výška zeminy po zhutnění by měla dosahovat do jedné třetiny válce bez nástavce. Vrstvu zeminy zhutníme 25 úderů rozdělenými po celé ploše válce. Tento postup opakujeme u dalších dvou vrstev. Po zhutnění třetí vrstvy sejmem nástavec, normovaným nožem seřízneme a zarovnáme povrch zeminy v nádobě. Zhutňovací nádobu očistíme, zvážíme a získáme hmotnost zeminy v nádobě. Ze středu válce na obou stranách odebereme do váženky vzorek zeminy pro stanovení vlhkosti. Poté zeminu vytlačíme z válce. Tento postup opakujeme při měnících se vlhkostech a pro každou vlhkost vypočítáme hmotnost vysušené zeminy. Vlhkosti připravených vzorků musí být zvolené tak, aby optimální vlhkost suché zeminy ležela blízko středu rozmezí.



Obrázek 29 – Proctorův přístroj

Vypočtené hodnoty suché objemové hmotnosti zeminy a příslušné vlhkosti vynášíme do grafu, který nám znázorňuje jejich vzájemný vztah. Spojnice získaných bodů by nám měla vytvořit plynulou křivku, která by měla odpovídat Gaussově křivce. Vrchol na této křivce udává optimální vlhkost, při které jsme dosáhli maximálního zhutnění zeminy.

Rozdíl mezi modifikovanou a standardní Proctorovou zkouškou je v rozdílné uvolněné hutnící energii, která je v tomto případě vyšší, čehož dosáhneme hutněním zeminy v pěti vrstvách, větší hmotnosti pěchu (4,5 kg) a zvětšené výšky dopadu pěchu na 457 mm. Postup je dále stejný jako u zkoušky standardní.[48]

2.30 Důlní chodba s ocelovou obloukovou výztuží

Správná výztuž má velký vliv na stabilitu i životnost samotného díla. Náklady na ražení a udržování díla těsně souvisí se správně volenými rozměry průřezu díla, s volbou výztužného materiálu s přihlédnutím k požadované životnosti chodby a se správnou organizací výztužných prací, údržby a s jakostí postavené výztuže. Špatně nebo opožděně prováděná výztuž způsobuje nežádoucí závaly a tím i ztráty v postupu, ohrožuje bezpečnost pracujících a zvyšuje pracnost a náklady. Výztuží se má obnovit rovnovážný stav porušeného horninového masivu, vytvořením prostoru uvnitř horniny. Výztuží se má zajistit důlní dílo co nejbezpečněji a přitom co nejlevněji. Ocelová oblouková výstroj má svou okamžitou nosností po smontování obrovskou přednost a proto se využívá v kombinaci s ocelovými sítěmi.



Obrázek 30 – důlní chodba v dole Landek s obloukovou výztuží z oceli

Důlní ocelová výztuž se používá při vytváření dlouhých důlních děl uhelných a rudných šachet a při ražení tunelů a štol. Pro tyto výztuže se používá kvalitní ocel a výsledné parametry jsou pod neustálou kontrolou ve výrobním procesu i v nezávislé výzkumné a zkušební laboratoři. Oblouky se před instalací v důlním díle upravují na příslušný rádius v dílnách technického zabezpečení podzemního díla. Ocelová výztuž se staví převážně ručně, při větších výškách z pomocného lešení. K postavení ocelové výztuže lze použít předsuvnou výztuž, která spolu s ocelovými rozpínkami zajišťuje strop těsně po odstřelu a umožňuje budovat horní oblouky výztuže paralelně s nakládáním lehkého stavěče ocelové výztuže. Podle doby používání, účelu a tomu odpovídajícímu provedení se rozlišují tři druhy výztuže. Výztuž stálá, dočasná a prozatímní. Výztuž dělíme na poddajnou

a nepoddajnou což je výztuž pevná. Ocelová oblouková výztuž, jestliže jsou jednotlivé části výztuže mezi sebou pevně spojeny, patří mezi výztuž pevnou, která není schopna se přizpůsobit důlnímu tlaku. Poddajná výztuž se přizpůsobí pohybům okolní horniny. Poddajná je ocelová výztuž, jejíž spojky ze dvou v sobě posouvateľných částí, jež sevřením pomocí zámků různých konstrukcí, vyvozují tření a při určitém zatížení prokluzují. Při ražení štol se nejčastěji používají plnostěnné ocelové oblouky typu Heintzmann a naší obdobou jsou korýtkové oblouky, které se vyrábějí ve více velikostech. Dle tvaru ražby štoly se montuje ze tří částí nebo ze čtyř částí u tvaru uzavřeného - kruhového.

Na rozdíl od výdřevy, která byla jen částečně poddajná, je tato oblouková výztuž poddajná při zvýšeném působení tlaku okolní horniny, přičemž dochází k deformaci výztuže se zmenšením průřezu důlního díla. Zůstane však zachována únosnost a průchodnost výztuže a tím i bezpečnost horníků. Spojení jednotlivých částí se provádí pomocí třmenů a spojek. Spojky a třmeny se montují na jednotlivé oblouky s přesahem 40 cm. [2][49]

2.31 Stabilizace skalní stěny kotvením

Kotvení je moderní technologie zajišťování nebo vyztužování tahovými prvky v inženýrském stavitelství, zakládání staveb a v podzemním stavitelství. Staticky nahrazuje klasické pasivní podpěrné konstrukce. Základní vlastností používaných prvků této technologie je využití mechanických a pevnostních vlastností okolního horninového prostředí. Hlavní výztužná nebo podpěrná funkce je přenesena dovnitř horninového masivu.

Kotva je pramenicový, kabelový nebo tyčový tahový prvek délky přes 5 m, kotvený do masivu kořenem a předepnutím. Kotvy se skládají z hlavy, volné délky a kořene. Pro kotvy je typická vysoká únosnost. Svorník je kratší tyčový tahový prvek, upínaný do vrtu různými způsoby a předepnutím, které je nejčastěji prováděno dotažením matice v hlavě svorníku. Nejčastěji se používají při stabilizaci skalních stěn nebo svahů. Hřebík je tyčový prvek stejné délky jako svorník a není předepnutý. Funguje kombinací tahu, soudržnosti a střihu. Způsob zhotovení spočívá v instalaci vrtu vyplněného cementovou maltou a případně zainjektováním zavrtané

tyče. Podkladní deska umožňuje opření prvku o líc horniny při jeho předepínání. Má také funkci při spolupůsobení výztužného prvku s konstrukcí uvnitř masivu. Životnost je trvalá nebo dočasná. Používanými materiály jsou ocel, kompozity a plasty nebo výjimečně dřevo. Podle konstrukce a způsobu ukotvení se dělí na svorníky s mechanickým ukotvením, svorníky kotvené syntetickým tmelem, svorníky a hřebíky kotvené cementovou směsí, svorníky frikční třecí, pramencové, kabelové a tyčové kotvy a kotvení mikropilotami. Svorníky mechanické se používají do středně pevných až pevných skalních hornin. Upínají se rozepřením patky svorníku do stěn ve dně vrtu. Svorníky lepené se používají do málo pevných nebo porušených hornin. Lepení se provádí pomocí ampulí se syntetickou pryskyřicí zasunutých do vrtu. Po zatvrdnutí kompozitu ve vrtu je možné svorník dokončit a aktivovat. Svorníky a hřebíky kotvené cementovou směsí jsou vhodné do málo pevných prostředí. Svorníky frikční se dělí na štěrbinový svorník a hydraulicky upínaný svorník. Štěrbinové svorníky jsou ocelové trubky z kvalitní oceli se štěrbinou po celé délce. Osazení se děje zaražením do vrtu, kotva se ve vrtu upne po celé délce jako stlačená pružina. Hydraulicky upínaný svorník je uzavřený ocelový průřez z vysokotahové oceli se zavnutým prolisem. Svorník se zasune do vrtu, připojí se přes plnicí pouzdro v hlavě na čerpadlo a vodou nebo injekční směsí se rozevře.



Obrázek 31 – samostatná kotva a kotvy uložené ve svahu

Pramencové, kabelové a tyčové kotvy jsou výkonné podpěrné prvky speciálního zakládání staveb, určených hlavně pro kotvení náročných inženýrských konstrukcí. Například pro použití na visutých mostech, přehradách, vysokých stožárech a pažících konstrukcích hlubokých stavebních jám. Kořeny kotev musejí sahát až za potenciální smykovou plochu. Kořeny se vytvářejí odstřelem, nebo vysokotlakou injektáží. Velmi moderním typem je kombinace kotvy s tahovými sklolaminátovými prvky. Při řešení stability skalních stěn nebo svahů se vychází

z nejjednodušší formy, která se stanovuje rovnováhou sil nebo nerovnováhou sil na vytvořeném horninovém klínu. Kotvy se osazují co možná nejkolměji k plochám nespojitosti. Minimální sevřený úhel by neměl klesnout pod 45° . Z rovnovážné podmínky se spočítá nutné vnesení přepjetí kotev a stabilita dílčích klínů vyplývající z rozmístění kotev do etáží se posuzuje podle předepsaného vztahu. Řešení vyžaduje zjištění smykové plochy. [51]

3. Pexeso a brožura

Fotodokumentace pořízená pro vytvoření hry pexeso byla v menší míře upravena, aby fotografie byly hezčí a výraznější. Pexeso je čtvercového standardního formátu 40 x 40 mm a vytvořené z 32 různých dvojic. Samotné pexeso bylo vytvořeno přes šablonu na internetové stránce, do které se vkládaly jednotlivé fotografie. Bylo zde možno vytvořit i vlastní zadní stranu pexesa, která je vytvořena z fotografie tunelu metra a v popředí je uveden celý název školy, fakulta, katedra a internetové stránky školy. K pexesu patří i krabička pro lepší uskladnění.



Brožura je vytvořena obrázky z pexesa i obrázky, které se na pexeso nevešly. Jsou zasazeny do pozadí a v popředí je krátký, popisný a výstižný text ke každému obrázku z pexesa, který vystihuje danou problematiku v několika větách. Brožura je ve formátu A5 a je zalaminována do pevných desek.



4. Závěr

Mým úkolem bylo vytvořit svou vlastní fotodokumentaci zajímavých staveb, lokalit, strojů a zajímavostí spojených s geotechnikou. Z této fotodokumentace vybrat ty nejzajímavější a vytvořit z ní hru pexeso i s popisnou brožurou.

Vybrané stavby, lokality a zajímavosti jsem osobně navštívila a pořídila fotodokumentaci, ze které jsem vybrala ty nejlepší snímky a upravila je tak, aby vypadaly na kartičce pexesa co nejlépe. Samotné pexeso jsem nechala vyrobit přes internetové stránky. Brožuru jsem vytvořila v textovém editoru, do pozadí jsem vložila obrázky a formát A5 jsem zalaminovala. Textovou část mé bakalářské práce jsem vytvořila z popisu jednotlivých vybraných staveb, strojů a zajímavostí. Každému tématu jsem věnovala jednu stranu textu s obrázkem. V tématech jsem rozebrala hlavní podstatu dané problematiky pro přiblížení a pochopení. Věřím, že má práce ukáže mnoha lidem náplň oboru Geotechnika, jeho různorodost, potřebu a mnohostrannost využití geotechniky a podzemních staveb ve společnosti.

5. Použité zdroje informací

Seznam obrázků:

Obrázek 17 – Karl Terzaghi <https://www.geostructures.com/news-article/news-in-honor-of-fathers-day-the-father-of-geotechnical-engineering-karl-von-terzaghi/>34

Seznam literatury:

[1] HERMANN, Vojtěch. Jablunkovské tunely. Vendryně: Beskydy, 2013. ISBN 978-80-87431-22-1.

[2] KLEPSATEL, František, Libor MAŘÍK a Miloslav FRANKOVSKÝ. Městské podzemní stavby. Bratislava: Jaga, 2005. ISBN 80-8076-021-7.

Seznam internetových zdrojů:

[3] Amberg Engineering Czech Republic: Home [online]. Copyright ©, [cit. 15. 04. 2019]. Dostupné:http://www.amberg.cz/fileadmin/amberg_engineering_czech_republic/documents/CZ_Technical_Articles/Tunel_klimkovice_vseobecne.pdf

[4] CzTA : Tunel Klimkovice. [online]. Copyright © WebActive s.r.o. [cit. 15. 04. 2019]. Dostupné z:https://www.ita-aites.cz/cz/podzemni_stavby/podzemni_stavby_v_provozu/tunel-klimkovice.html

[5] www.metroweb.cz

[6] Sylaby přednášek | Geotechnika. Geotechnika [online]. Copyright © 2012 [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: <http://www.geotechnici.cz/predmety/geotechnicke-stavby/studijni-materialy/podklady-pro-prednasky/>

[7] [online]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/banki.htm>

[8] Francisova turbína - VODNÍ TURBÍNY | H-union servis. HYDROSERVIS-UNION a.s. | HYDROSERVIS-UNION pro s.r.o | vodní elektrárna, vodní turbína, výroba ocelových konstrukcí [online]. Dostupné z: <http://www.h-union.cz/c-16-francisova-turbina.html>

[9] Zdařilá rekonstrukce šikmého kostelasv. Petra z Alcantary | Stavebnictvi3000.cz. Nejvíce informací o stavebnictví v ČR | Stavebnictvi3000.cz [online]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zdarila-rekonstrukce-sikmeho-kostela-sv-petra-z-alcantary>

[10] https://www.idnes.cz/ostrava/zpravy/karvina-zanikla-mista-okd.A170828_348270_ostrava-zpravy_jog

[11] Kostel | Farnost Karviná-Doly. Bohoslužby | Farnost Karviná-Doly [online]. Dostupné z: <http://farnostdoly.cz/10/Kostel>

- [12] Podzemní kontejnery - Elkoplast - výroba kontejnerů na odpad. Úvodní stránka - Elkoplast - výroba kontejnerů na odpad [online]. Dostupné z: <https://www.elkoplast.cz/podzemni-kontejnery-2>
- [13] Podzemní kontejnery. Komunální technika, s.r.o. - Popelnice, kontejnery, odpadkové koše, podzemní kontejnery a svozová technika [online]. Copyright © Komunální technika, s.r.o. [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: <https://www.ktech.cz/podzemni-kontejnery>
- [14] Žermanický lom. Ubytování a dovolená v ČR [online]. Copyright © Copyright 2000 [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: <http://www.turistik.cz/cz/kraje/moravskoslezsky-kraj/okres-frydek-mistek/zermanice/zermanicky-lom/>
- [15] Oficiální stránky statutárního města Frýdek-Místek [online]. Copyright © [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: https://www.frydek-mistek.cz/prilohy/Texty/117902/1342516299_09_pr_zermanicky_lom.pdf
- [16] https://www.idnes.cz/ostrava/zpravy/halda-ema-bude-opet-pristupna-verejnosti.A120831_1823327_ostrava-zpravy_sot
- [17] http://www.revuekamen.cz/bludne_balvany.htm
- [18] <https://www.treking.cz/regiony/bludne-balvany.htm>
- [19] http://concrete.fsv.cvut.cz/~dvorstom/v_beton/Uloha9_Operne_konstrukce.pdf
- [20] Vysoké učení technické v Brně [online]. Copyright © [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=73394
- [21] Co jsou GABIONY?. Gabiony Úvod [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://www.gabionyprovasdum.cz/co-je-gabion-45>
- [22] Gabionové (drátkokamenné) konstrukce . Stavební-vzdělání.cz « Web o stavebnictví [online]. Copyright © 2013 [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://www.stavebni-vzdelani.cz/gabionove-konstrukce/>
- [23] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2140>
- [24] <http://homel.vsb.cz/~pin078/ZS/cviceni09.pdf>
- [25] Geotechnika [online]. Copyright © L [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2018/05/ZSSP_hotovo.pdf
- [26] sesuv - Geohazardy. [online]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/geohazardy/katalog/geohazard-22/>
- [27] https://www.dashofer.cz/download/pdf/det2_ukazka2.pdf
- [28] Ing. Mohyla ,Marek. Problematika primárního ocelobetonového ostění podzemních děl. Ostrava, 2016. Disertační práce. VŠB – TUO Ostrava, fakulta stavební. Školitel doc. Ing. Vojtasík Karel, CSc.

- [29] Biography of Karl Terzaghi (1883 - 1963) ~ Geotechnical talks. Geotechnical talks [online]. Dostupné z: <http://geotechnicaltalks.blogspot.com/2009/01/biography-of-karl-terzaghi-1883-1963.html>
- [30] Geotech server home page [online]. Copyright © [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: <http://www.ejge.com/People/Terzaghi/Terzaghi.htm>
- [31] <http://jeskyne.cesky-kras.cz/jeskyne/>
- [32] Moravský kras. Moravský kras [online]. Copyright © [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: <http://www.cavemk.cz/moravsky-kras/vznik-jeskyni-a-krapnikove-vyzdoby.html>
- [33] Zeptejte se přírodovědců | Přírodovědci.cz. Úvod | Přírodovědci.cz [online]. Copyright © 2013, Prirodovedci.cz jsou komunikačním projektem [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/19>
- [34] ŽIVOTOPISY SVATÝCH. ŽIVOTOPISY SVATÝCH [online]. Copyright © Životopisy zpracoval Jan Chlumský [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: <http://catholica.cz/?id=4865>
- [35] <http://www.pyro-csol.cz/files/pribehy/barbora.htm>
- [36] Svatá Barbora: patronka horníků a dělostřelců | i60.cz. Portál pro aktivní seniory | i60.cz [online]. Copyright ©2018 i60.cz [cit. 16. 04. 2019]. Dostupné z: <https://www.i60.cz/clanek/detail/13716/svata-barbora-patronka-horniku-a-delostrelcu>
- [37] Zemní sesuvy | Nemeton 2015 [online]. Dostupné z: <http://www.zemnisesuvy.cz/katalog.php?47>
- [38] Dobývací kombajny | T Machinery. T Machinery [online]. Copyright © 2019, T Machinery a.s. [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://www.tmachinery.cz/cz/dulni-produkty/dobvani-lozisek-stenovanim/dobvaci-kombajny>
- [39] <http://podzemi.solvayovylomy.cz/prirucka/technika/razba.htm>
- [40] <http://podzemi.solvayovylomy.cz/prirucka/technika/kombajny.htm>
- [41] ELUC. ELUC [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2146>
- [42] Hlubinné základy: Jak se realizují piloty vrtané a ražené - ESTAV.cz. ESTAV.cz - s námi stavíte na informacích [online]. Copyright © Copyright [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/5029.hlubinne-zaklady-jak-se-realizuji-piloty-vrtane-a-razene>
- [43] https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/94735/MAT721_FAST_B3607_3647R017_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [44] Podklady pro přednášky | Geotechnika. Geotechnika [online]. Copyright © 2012 [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <http://www.geotechnici.cz/predmety/geotechnicky-monitoring/studijni-materialy/podklady-pro-prednasky/>

- [45] Geotechnika [online]. Copyright © [cit. 16.04.2019]. Dostupné z:
http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/Monitoring_cviceni1_konvergometr.pdf
- [46] [online]. Dostupné z: <https://higeo.cz/nabidka-sluzeb/geodeticky-monitoring-a-konvergenční-mereni>
- [47] Geotechnika [online]. Copyright © [cit. 16.04.2019]. Dostupné z:
<http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/kapitola4.pdf>
- [48] 301 Moved Permanently [online]. Copyright ©8 [cit. 16.04.2019]. Dostupné z:
http://homel.vsb.cz/~moh050/mechanika_hornin_a_zemin/navody%20laboratore.pdf
- [49] 403 Forbidden [online]. Copyright © [cit. 16.04.2019]. Dostupné z:
<http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2011/10/prednaska-4.pdf> [50] speleo.cz [online]. Copyright © [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <http://www.speleo.cz/file/8961/k-2130.pdf>
- [50] Sylaby přednášek | Geotechnika. Geotechnika [online]. Copyright © 2012 [cit. 17.04.2019]. Dostupné z: <http://www.geotechnici.cz/predmety/geotechnicke-stavby/studijni-materialy/podklady-pro-prednasky/>
- [51] http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BF05-Mechanika_hornin/BF05-Mechanika_hornin--M04-Stabilita_skalnich_sten_a_kotveni_do_hornin.pdf

Seznam příloh

Příloha 1 – fotografie vybraných témat

Příloha 2 – brožura